



TUGAS AKHIR – TI 184833

**EVALUASI MESIN CONTI (*CENTRIFUGE*) PG KEBON
AGUNG DENGAN METODE SIMULASI DISKRIT
UNTUK MENINGKATKAN AVAILABILITAS**

AHMAD ATHOILLAH

NRP 02411440007004

Dosen Pembimbing

Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.

NIP 197005231996011001

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019



FINAL PROJECT – TI 184833

**EVALUATION OF CONTI MACHINE (CENTRIFUGE) PG
KEBON AGUNG USING DISCRETE EVENT
SIMULATION APPROACH TO IMPROVE
AVAILABILITY**

AHMAD ATHOILLAH

NRP 02411440007004

Supervisor

Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.

NIP 197005231996011001

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019

LEMBAR PENGESAHAN

**EVALUASI MESIN CONTI (*CENTRIFUGE*) PG KEBON AGUNG
DENGAN METODE SIMULASI DISKRIT UNTUK MENINGKATKAN
AVAILABILITAS**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

AHMAD ATHOILLAH
NRP 02411440007004

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:



Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.

NIP. 197005231996011001

SURABAYA, JANUARI 2019



EVALUASI MESIN CONTI (*CENTRIFUGE*) PG KEBON AGUNG DENGAN METODE SIMULASI DISKRIT UNTUK MENINGKATKAN AVAILABILITAS

Nama : Ahmad Athoillah
NRP : 02411440007004
Pembimbing : Nurhadi Siswanto, S.T.,MSIE.,Ph.D.

ABSTRAK

PG Kebon Agung merupakan industri pengolah tebu menjadi gula kristal dengan kapasitas giling 15.000 TTH. Karena tergolong sebagai industri *continuous process* maka tingkat availabilitas setiap stasiun produksi sangat penting. Salah satu faktor yang mempengaruhinya adalah *breakdown time*. Saat ini mesin *centrifuge* atau biasa disebut conti di stasiun puteran yang memiliki 4 komponen kritis memiliki *breakdown time* yang cukup lama. Mesin conti yang terdiri dari conti D1, D2, C dan A total jumlah mesinnya sebanyak 25 unit sedangkan tim teknisi yang memperbaiki mesin tersebut hanya berjumlah 3. Untuk itu dilakukan evaluasi terhadap performansi mesin conti untuk mencari faktor yang menyebabkan lamanya *breakdown time*. Metode yang digunakan adalah simulasi diskrit, karena dapat memodelkan sistem stasiun puteran yang kompleks dengan banyaknya *variable* yang saling ketergantungan. Dari hasil simulasi sistem eksisting didapatkan tingkat availabilitas sistem mesin conti C menjadi yang paling rendah, yakni sebesar 0,69 disebabkan karena availabilitas inventori *sparepart* saringan C dan v-belt yang rendah serta lamanya menunggu untuk diperbaiki. Dengan melakukan eksperimen terhadap stok inventori saringan C, v-belt dan penambahan tim teknisi, didapatkan 3 opsi skenario perbaikan yakni skenario 1.4, skenario 2.1 dan skenario 3.1 dengan nilai availabilitas masing-masing sebesar 89.9%, 91.7% dan 90.1%.

Kata kunci: availabilitas, mesin conti, inventori *sparepart*, tim teknisi, simulasi diskrit

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

EVALUATION OF CONTI MACHINE (CENTRIFUGE) PG KEBON AGUNG USING DISCRETE EVENT SIMULATION APPROACH TO IMPROVE AVAILABILITY

Name : Ahmad Athoillah
NRP : 02411440007004
Supervisor : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.

ABSTRACT

PG Kebon Agung is a cane sugar processing industry into sugar which has capacity of 15,000 TCD. Because it is classified as a continuous process industry, the level of availability of each production station is being important. One of the factors that affecting is the breakdown time. Currently the centrifuge machine or commonly called conti at puteran station ,which has 4 critical components, has long breakdown time. The conti machine consisting of D1, D2, C and A conti totals of 25 units while the technician team that repaired the machine only 3. For this reason an evaluation of the performance of the conti machine was conducted to identify the main factor that caused a long breakdown time. The method used is discrete event simulation, because it can model a complex system at puteran station with many interdependent variables. From the result of the existing system simulation, the availability of the conti C machine system became the lowest, which is equal to 0.69 due to the availability of inventory saringan C, v-belt and the long waiting time to be repaired. By experimenting on stock of inventory saringan C, v-belt and the addition of a technician team, the writer obtained 3 proposed scenario, differenced by the amount of variable changed, namely scenario 1.4, scenario 2.1 and scenario 3.1 with the value of availability of 89.9%, 91.7% and 90.1% respectively.

Keywords: availability, losses sugar, critical components, inventory management, discrete event simulation

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan *alhamdulillah* segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Evaluasi Mesin Conti (Centrifuge) PG Kebon Agung Dengan Metode Simulasi Diskrit Untuk Meningkatkan Availabilitas”** ini dengan lancar. Tidak lupa sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada *sulthonul auliya* 'Nabi Besar Muhammad SAW.

Dalam penyusunan tugas akhir ini banyak hambatan dan rintangan yang penulis hadapi, namun pada akhirnya dapat menyelesaikannya berkat bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D., selaku dosen pembimbing penulis sekaligus Kepala Departemen Teknik Industri ITS. Berkat bimbingan, motivasi dan kesabaran beliau, penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ahmad Abu Amar, S.T. selaku supervisor di departemen pabrikasi dan Bapak Mochamad Zaenal selaku sekretaris di departemen pabrikasi, yang telah membantu penulis dalam mengumpulkan data-data yang dibutuhkan pada Tugas Akhir ini.
3. Bapak Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T. dan Bapak Yudha Adrian Saputra, S.T., M.B.A., selaku dosen penguji pada Sidang Tugas Akhir penulis yang telah memberikan masukan berupa kritik dan saran terkait Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Adithya Sudiarno, S.T., M.T., selaku Kaprodi S1 Teknik Industri ITS yang telah membantu proses perkuliahan penulis selama ini dan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ibu Dosen Teknik Industri ITS yang telah memberikan wawasan dan pembelajaran selama proses kuliah penulis.
6. Ibu Lusiana Ariesanti dan Bapak Miyono, serta segenap Karyawan Teknik Industri ITS yang telah membantu proses administrasi dan proses kuliah penulis secara tidak langsung.

7. Orang tua penulis, yang telah memberikan segalanya tanpa terkecuali, terutama doa yang selalu dipanjatkan dan restu yang diberikan, sehingga penulis bisa sampai sejauh ini.
8. Teman-teman angkatan D14 dan Keluarga Besar CSSMoRA ITS, yang telah menjadi keluarga baru penulis selama perkuliahan dan memberikan banyak bantuan terutama terkait penyelesaian Tugas Akhir penulis.
9. Teman-teman GARDAPATI TI-30, yang telah memberikan motivasi dan bantuan selama masa perkuliahan hingga tahap akhir perkuliahan ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dikarenakan keterbatasan pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk masukan, baik saran maupun kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak, terutama industri gula di Indonesia.

Surabaya, 26 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	7
1.5.1 Batasan	7
1.5.2 Asumsi	7
1.6 Sistematika Penulisan	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 <i>Maintenance</i>	11
2.1.1 <i>Corrective Maintenance</i>	11
2.1.2 <i>Preventive Maintenance</i>	12
2.2 <i>Repairable dan Non-repairable System</i>	13
2.3 MTTF (Mean Time To Failure)	14
2.4 RBD (Reliability Block Diagram)	15
2.4.1 Sistem Seri	15
2.4.2 Sistem Paralel	16
2.4.3 Sistem Campuran Paralel dan Seri	16
2.5 Availabilitas	17
2.6 Manajemen Inventori	18
2.6.1 Kebijakan Inventori R, S	18
2.6.2 Kebijakan Inventori R, s, S	18
2.6.3 Kebijakan Inventori s, S	18
2.6.4 Kebijakan Inventori s, Q	18
2.7 Sistem, Model dan Simulasi	19
2.7.1 Sistem	19

2.7.2 Model.....	22
2.7.3 Simulasi	22
2.8 Penelitian Sebelumnya	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Identifikasi Masalah	30
3.2 Pengumpulan Data	31
3.3 Pengolahan Data.....	32
3.4 Pemodelan dan Simulasi	32
3.4.1 Model Konseptual	32
3.4.2 Model Simulasi.....	32
3.4.3 Verifikasi dan Validasi	33
3.5 Pembuatan Model Skenario	33
3.6 Analisis <i>Output</i> Sistem Eksisting.....	34
3.7 Analisis dan Kesimpulan.....	34
3.7.1 Analisis	34
3.7.2 Kesimpulan.....	34
BAB 4 Pengumpulan dan Pengolahan data.....	35
4.1 Pengumpulan Data	35
4.1.1 Data Struktural.....	35
4.1.2 Data Operasional	36
4.1.3 Data Numerik	39
4.2 Hasil Pengolahan.....	44
BAB 5 Pemodelan sistem.....	49
5.1 Model Konseptual	49
5.1.1 Submodel Proses Kedatangan Gula.....	49
5.1.2 Submodel Proses di Mesin Conti	51
5.1.3 Submodel Perbaikan <i>Part</i> Mesin.....	54
5.1.4 Submodel Inventori <i>Sparepart</i>	58
5.2 Verifikasi.....	59
5.2.1 Verifikasi Syntax Error.....	59
5.2.2 Verifikasi Semantic Error	60
5.3 Penentuan Replikasi	62
5.4 Validasi	63
BAB 6 Eksperimen dan Hasil.....	65
6.1 Kondisi Eksisting	65

6.1.1 Inventori <i>Sparepart</i> Conti C	67
6.1.2 Waktu Tunggu Tim Teknisi	68
6.2 Skenario Perbaikan	68
6.2.1 Skenario 1.1 (A1)	72
6.2.2 Skenario 1.2 (A2)	73
6.2.3 Skenario 1.3 (B1)	74
6.2.4 Skenario 1.4 (B2)	76
6.2.5 Skenario 1.5 (B3)	77
6.2.6 Skenario 1.6 (C1)	78
6.2.7 Skenario 1.7 (C2)	80
6.2.8 Skenario 1.8 (D1)	81
6.2.9 Skenario 1.9 (D2)	82
6.2.10 Skenario 2.1 (A1C2)	83
6.2.11 Skenario 2.2 (A1D1)	85
6.2.12 Skenario 2.3 (B2C2)	86
6.2.13 Skenario 2.4 (B2D1)	87
6.2.14 Skenario 2.5 (D1C2)	88
6.2.15 Skenario 3.1 (A1D1C2)	90
6.2.16 Skenario 3.2 (B2D1C2)	91
6.3 Analisis Hasil	92
6.3.1 Kondisi eksisting	93
6.3.2 Skenario Perubahan Kebijakan Inventori	94
6.3.3 Skenario Penambahan Tim Teknisi	95
6.4 Analisis Skenario Terpilih	95
6.4.1 Skenario Perbaikan Perubahan 1 <i>Variable</i>	96
6.4.2 Skenario Perbaikan Perubahan 2 <i>Variable</i>	97
6.4.3 Skenario Perbaikan Perubahan 3 <i>Variable</i>	99
6.5 Analisis Sensitivitas	100
BAB 7 Kesimpulan dan Saran	101
7.1 Kesimpulan	101
7.2 Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	104
DAFTAR LAMPIRAN	107
BIODATA PENULIS	125

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Deskripsi Penelitian Terdahulu	27
Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu	28
Tabel 4.1 <i>Input dan Output</i> Mesin Conti	37
Tabel 4.2 Rekap Kebijakan Tingkat Inventori <i>Sparepart</i> Mesin Cotni	38
Tabel 4.3 Rekap Kapasitas Distributor	39
Tabel 4.4 Harga <i>Sparepart</i> Mesin Conti	40
Tabel 4.5 Kapasitas dan Jumlah Mesin Conti	41
Tabel 4.6 Rekap Data Historis TTF Mesin Conti D1	42
Tabel 4.7 Rekap Data Historis Kedatangan Gula	43
Tabel 4.8 Rekap Hasil Pengolahan Data	44
Tabel 4.9 Rekap Distribusi Data Kerusakan Mesin Conti	47
Tabel 5.1 Perbandingan Parameter Jumlah <i>Molasses</i>	62
Tabel 5.2 Hasil <i>t-test</i> Rata-Rata Populasi Simulasi dan Eksisting	64
Tabel 6.1 Availabilitas Sistem Setiap Mesin Conti	65
Tabel 6.2 Jumlah Gula <i>Losses</i> (Ton)	66
Tabel 6.3 Rata-Rata Waktu Tunggu Kedatangan <i>Sparepart</i> Conti C	67
Tabel 6.4 Availabilitas <i>Sparepart</i> Mesin Conti C	67
Tabel 6.5 Rata-Rata Waktu Tunggu Tim Teknisi untuk Perbaikan	68
Tabel 6.6 Skenario Dasar Perbaikan Inventori dan Jumlah Tim Teknisi	70
Tabel 6.7 Kombinasi Skenario Dasar	71
Tabel 6.8 Rekap Total Jumlah Skenario Perbaikan	71
Tabel 6.9 Hasil Performansi Skenario 1.1	72
Tabel 6.10 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S1.1	73
Tabel 6.11 Hasil Performansi Skenario 1.2	73
Tabel 6.12 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S1.2	74
Tabel 6.13 Hasil Performansi Skenario 1.3	75
Tabel 6.14 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S1.3	75
Tabel 6.15 Hasil Performansi Skenario 1.4	76
Tabel 6.16 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S1.4	77
Tabel 6.17 Hasil Performansi Skenario 1.5	77

Tabel 6.18 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S1.5	78
Tabel 6.19 Hasil Performansi Skenario 1.6	79
Tabel 6.20 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S1.6	79
Tabel 6.21 Hasil Performansi Skenario 1.7	80
Tabel 6.22 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S1.7	80
Tabel 6.23 Hasil Performansi Skenario 1.8	81
Tabel 6.24 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S1.8	82
Tabel 6.25 Hasil Performansi Skenario 1.9	82
Tabel 6.26 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S1.9	83
Tabel 6.27 Hasil Performansi Skenario 2.1	84
Tabel 6.28 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S2.1	84
Tabel 6.29 Hasil Performansi Skenario 2.2	85
Tabel 6.30 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S2.2	85
Tabel 6.31 Hasil Performansi Skenario 2.3	86
Tabel 6.32 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S2.3	87
Tabel 6.33 Hasil Performansi Skenario 2.4	87
Tabel 6.34 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S2.4	88
Tabel 6.35 Hasil Performansi Skenario 2.5	89
Tabel 6.36 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S2.5	89
Tabel 6.37 Hasil Performansi Skenario 3.1	90
Tabel 6.38 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S3.1	91
Tabel 6.39 Hasil Performansi Skenario 3.2	91
Tabel 6.40 Hasil <i>T-test</i> Performansi Awal dengan S3.2	92
Tabel 6.41 Rekap Hasil Performansi Skenario Perbaikan Perubahan 1 <i>Variable</i> .	96
Tabel 6.42 Rekap Hasil Performansi Skenario Perbaikan Perubahan 2 <i>Variable</i> .	98
Tabel 6.43 Rekap Hasil Performansi Skenario Perbaikan Perubahan 3 <i>Variable</i> .	99
Tabel 6.44 Hasil Uji Sensitivitas S1.4 dengan Perubahan <i>Delay</i> Pengiriman	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perbandingan Luas Areal Tebu Menurut Status Pengusahaan 2017...	1
Gambar 1.2 Stasiun Puteran PG Kebon Agung	5
Gambar 2.1 Tiga Komponen Penting Kegiatan CM (Dhillon, 2006)	12
Gambar 2.2 Macam-Macam Pengaruh Perbaikan	14
Gambar 2.3 Ilustrasi RBD Sistem Seri	15
Gambar 2.4 Ilustrasi RBD Sistem Paralel.....	16
Gambar 2.5 Ilustrasi RBD Sistem Campuran Paralel dan Seri.....	17
Gambar 2.6 Bagan Cara Mempelajari Sistem.....	20
Gambar 4.1 <i>Flowprecess</i> Gula Pada Proses Kristalilasi	37
Gambar 4.2 Fitting Distribusi Data Historis Kerusakan	45
Gambar 5.1 <i>Flow Diagram</i> Submodel Proses Kedatangan Gula.....	49
Gambar 5.2 <i>Flow Diagram</i> Submodel Proses Kedatangan Gula (Lanjutan).....	50
Gambar 5.3 Sistem Kerja Mesin Conti A, C, D1 dan D2	52
Gambar 5.4 <i>Flow Diagram</i> Submodel Proses di Mesin Conti	52
Gambar 5.5 <i>Flow Diagram</i> Submodel Proses di Mesin Conti (Lanjutan).....	53
Gambar 5.6 RBD Mesin Conti.....	55
Gambar 5.7 RBD Sistem Mesin Conti.....	55
Gambar 5.8 <i>Flow Diagram</i> Perbaikan <i>Part</i> Mesin	56
Gambar 5.9 <i>Flow Diagram</i> Submodel Inventori <i>Sparepart</i>	58
Gambar 5.10 Verifikasi <i>Syntax Error</i> dalam ARENA.....	60
Gambar 5.11 Verifikasi Penentuan Jumlah Mesin Conti D1	60
Gambar 5.12 Verifikasi Status Sistem Mesin Conti D1	61
Gambar 6.1 Grafik Perbandingan Skenario Perubahan 1 <i>Variable</i>	96
Gambar 6.2 Grafik Perbandingan Skenario Perubahan 2 <i>Variable</i>	98
Gambar 6.3 Grafik Perbandingan Performansi Perubahan 3 <i>Variable</i>	99

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

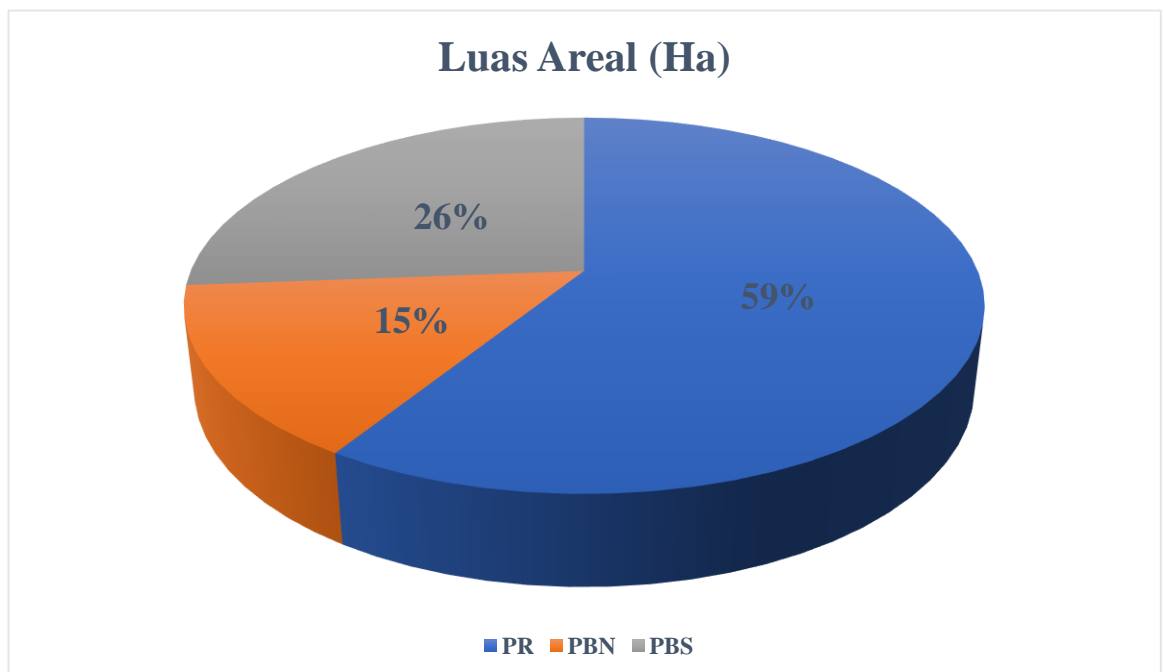
BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang yang mendasari dilakukannya penelitian ini serta rumusan masalahnya. Selain itu juga dijelaskan mengenai tujuan, manfaat, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan penelitian ini.

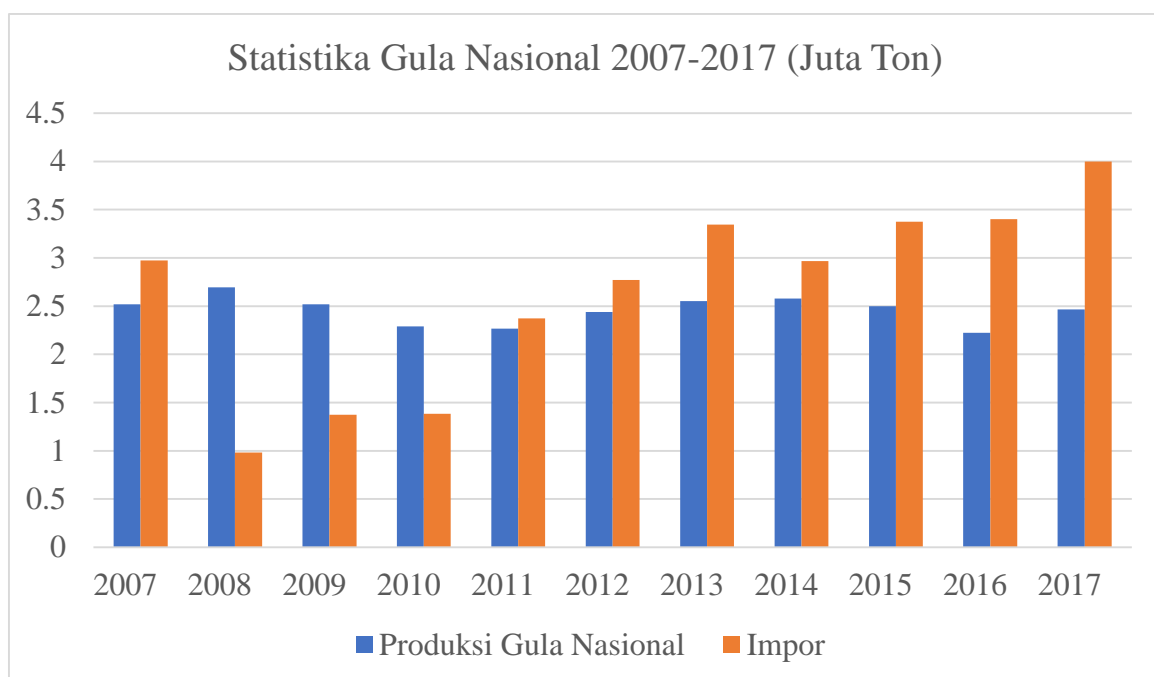
1.1 Latar Belakang

Luas areal perkebunan tebu di Indonesia diperkirakan mencapai 453.456 Ha pada tahun 2017 yang tersebar di berbagai provinsi (Ditjen Perkebunan, 2016). Perkebunan tersebut terdiri dari Perkebunan Rakyat (PR), Perkebunan Besar Negara (PBN) dan Perkebunan Besar Swasta (PBS). Luas areal tebu didominasi oleh PR yang mencapai 267.325 Ha atau 59% dari total areal tebu (Gambar 1.1). Sedangkan PBN dan PBS masing-masing hanya seluas 67.229 Ha dan 118.902 Ha.



Gambar 1.1 Perbandingan Luas Areal Tebu Menurut Status Pengusahaan 2017
Sumber: (Ditjen Perkebunan, 2016)

Areal perkebunan tebu yang luas ternyata masih belum mampu memenuhi kebutuhan gula nasional. Akibatnya setiap tahun Indonesia selalu mengimpor gula untuk mencukupi kebutuhan gula dalam negeri. Pada tahun 2016, kebutuhan gula Indonesia sebesar 5,6 juta ton dengan rincian, 3 juta ton untuk kebutuhan industri dan sisanya untuk kebutuhan rumah tangga. Sedangkan produksi gula dalam negeri diperkirakan hanya sebesar 2,2 juta ton, sehingga pada tahun 2017 Kementerian Perdagangan memastikan akan mengimpor gula sebesar 3,5 - 4 juta ton. Berikut adalah grafik perbandingan produksi gula nasional dengan tingkat impor selama 10 tahun.



Gambar 1. 1 Statistika Produksi Gula Nasional dan Tingkat Impor Gula dalam 10 Tahun

Sumber: (BPS, 2016)

Selama 10 tahun dari 2007 produksi gula nasional cenderung konstan. Produksi gula tertinggi terjadi pada tahun 2008 yakni sebesar 2.694.227 Ton. Sedangkan tingkat impor gula cenderung naik meskipun adanya penurunan yang cukup signifikan pada tahun 2007 ke 2008 dan 2013 ke 2014, hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan gula nasional semakin naik setiap tahun. Produksi gula yang cenderung konstan mengindikasikan bahwa tidak adanya perubahan yang besar pada pabrik gula yang beroperasi di Indonesia. Produksi gula nasional saat ini hanya

disokong oleh 62 pabrik gula saja, 50 diantaranya dikelola oleh BUMN sedangkan sisanya dikelola swasta (Kementrian Perindustrian, 2017). Sebagian besar pabrik gula yang masih beroperasi dibangun pada masa kolonial, sehingga umur mesin sudah tua. Dengan keadaan mesin yang sudah tua, kinerja mesin menjadi berkurang dan produktivitas semakin rendah.

Untuk mengatasi masalah tersebut, solusi utama adalah dengan mengganti mesin yang sudah tua dengan mesin yang baru dengan kapasitas produksi yang lebih besar. Namun untuk merealisasikannya dibatasi dengan dana yang dimiliki. Solusi lain adalah dengan memperbaiki tingkat rendemen tebu. Rendemen menunjukkan tingkat kandungan gula dalam Tebu. Jika rendemen bernilai 10%, artinya dalam 100 kg tebu akan dapat diolah menjadi 1 kg gula. Tebu yang memiliki rendemen tinggi dapat menghasilkan gula yang lebih banyak. Selain itu, hal lain yang bisa membantu meningkatkan produktivitas gula adalah kemampuan pabrik dalam manajemen sumber daya yang dimiliki. Sumber daya tersebut antara lain mesin produksi dan pekerja.

Manajemen proses produksi sangat penting bagi pabrik gula, karena pabrik gula adalah industri *continuous process*. Dalam sekali masa giling, mesin akan bekerja selama kurang lebih 180 hari atau 6 bulan. Jika ada masalah pada satu stasiun/unit produksi saja, akan memengaruhi stasiun produksi yang lain. Untuk itu manajemen mesin yang ada di setiap stasiun agar bisa mengolah tebu lebih banyak dan menghasilkan gula yang berkualitas menjadi sangat penting..

Salah satu masalah dalam penjadwalan pengoperasian mesin adalah pada proses pengkristalan, seperti yang terjadi di Pabrik Gula Kebon Agung. Pada proses pengkristalan dibagi menjadi dua stasiun, yakni stasiun masakan (pengkristalan gula) dan Stasiun Puteran (pemisahan kristal gula dari larutan). Pada Stasiun Puteran sering terjadi *losses* kristal gula yang ikut ke tangki *molasses* (gula tetes), sehingga produktivitas gula kristal menurun. Harga jual gula kristal lebih tinggi dibandingkan dengan gula tetes, hal ini yang menyebabkan kerugian jika produktivitas gula kristal menurun. Selain itu, melubernya gula yang akan diproses di stasiun puteran juga merupakan kerugian besar. Melubernya gula yang ditampung di distributor disebabkan jumlah mesin conti yang beroperasi kurang, karena banyak mesin conti yang mengalami *breakdown*.

Breakdown mesin yang lama dapat disebabkan *sparepart* yang dibutuhkan tidak tersedia. Selama ini, proses pemesanan *sparepart* mesin dilakukan ketika jumlah *sparepart* hanya tinggal 1 saja. Sedangkan waktu tunggu datangnya *sparepart* bisa mencapai 2 bulan. Jika mesin terlalu lama dalam keadaan *breakdown* maka akan mengakibatkan melubernya gula di tangki distributor. Selain itu, tim teknisi yang bertugas untuk memperbaiki mesin yang rusak tersebut juga dapat memngaruhi lamanya waktu *breakdown*, karena mesin tidak dapat diperbaiki meskipun *sparepart* yang dibutuhkan tersedia.

Komponen-komponen kritis dari mesin conti salah satunya adalah saringan. Jika saringan mengalami kerusakan atau keausan, maka kristal gula tidak tersaring dan ikut ke tangki *molasses*. Komponen kritis lain adalah *v belt*, *bearing* dan *spindle* as, jika ketiga komponen itu rusak maka mesin conti akan menimbulkan getaran yang tinggi, karena putaran basket di dalam mesin conti terganggu. Getaran tersebut akan mengganggu proses pemisahan yang terjadi di dalam mesin.



Gambar 1. 2 Mesin Conti dan Tangki Distributor di Stasiun Puteran



Gambar 1.2 Stasiun Puteran PG Kebon Agung

Selama ini perawatan pada mesin conti dilakukan secara *corrective maintenance*, yakni ditrigger oleh adanya indikasi kerusakan mesin atau adanya *defect* di gula yang keluar dari mesin. Jika terdapat indikasi gula mengalami *defect*, akan dilakukan pengecekan secara menyeluruh pada semua mesin conti. Indikasi gula yang *defect* diperoleh dari hasil uji laboratorium setiap awal *shift* (8 jam sekali), yakni mengandung HK (harga kemurnian) yang lebih tinggi dari standar HK yang telah ditetapkan. Pada pengecekan ini dilakukan oleh petugas dari laboratorium yang akan datang ke Stasiun Puteran untuk mengambil sampel *molasses* dan gula. Selain itu indikasi adanya kerusakan pada mesin dapat dilihat dari vibrasi (getaran) mesin yang lebih besar dari biasanya. Penggantian komponen mesin yang terindikasi mengalami kerusakan secara tiba-tiba tersebut akan mengganggu keseimbangan proses produksi yang terjadi pada Stasiun Puteran. Untuk menjaga keseimbangan *output* mesin conti dengan gula yang ada di distributor, harus segera mengaktifkan mesin conti lain yang tidak beroperasi dan tentunya dibutuhkan *set up time* untuk mengaktifkan mesin lain. Apabila tidak dilakukan *back up* pada mesin yang *breakdown* akan menyebabkan meluapnya gula yang ada di distributor.

Perawatan yang tidak terjadwal tersebut menyebabkan beberapa kerugian bagi PG Kebon Agung. Kerugian yang pasti didapatkan dengan penerapan metode *maintenance* seperti itu adalah *molasses* yang mengandung gula terlalu banyak, sehingga menurunkan tingkat produktivitas gula kristal di PG Kebon Agung. Selain

itu, jika komponen yang rusak tidak tersedia di gudang akan menyebabkan waktu *breakdown* mesin lebih lama. Tentu saja hal itu menjadi kerugian yang besar bagi pabrik. Ditambah dengan meluapnya gula di distributor akibat tidak seimbangnya proses produksi di stasiun puteran dan stasiun masakan. Jika hal itu terjadi, maka proses produksi di stasiun masakan akan diperlambat atau bahkan dihentikan untuk sementara waktu sampai perbaikan mesin conti selesai. Namun metode perawatan seperti itu akan membuat masa pakai mesin lebih lama, karena menunggu sampai benar-benar terjadi kerusakan pada mesin tersebut.

Berdasarkan kondisi tersebut, penulis melakukan penelitian untuk mengevaluasi availabilitas setiap jenis mesin conti dan jumlah gula yang *losses*. Kemudian melakukan peningkatan melalui manajemen inventori, tim teknisi dan menentukan jadwal pengoperasian mesin conti yang sesuai dengan interval *maintenance* mesin agar kerugian-kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan komponen-komponen pada mesin conti dapat diminimalisasi. Jadwal pengoperasian mesin dipilih berdasarkan *minimum cost* dan availabilitas mesin yang ditimbulkan dari penerapan interval *maintenance* dengan menggunakan simulasi diskrit. Metode simulasi diskrit dipilih karena pada proses pengkristalan terdapat banyak *variable* stokastik (probabilitas) yang memiliki sifat interdependensi (saling berkaitan), seperti tingkat gula di distributor, kecepatan produksi mesin conti, kerusakan komponen mesin, waktu perbaikan dan waktu kedatangan *sparepart*. Penggunaan model matematis pada kasus seperti ini akan mempersulit dan membutuhkan waktu yang lama. Selain itu dengan penggunaan metode simulasi akan mempermudah membandingkan performansi sistem dari setiap jadwal pengoperasian mesin conti yang diterapkan dalam waktu lebih cepat jika dibandingkan dengan model matematis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian tersebut, ide utama dari penelitian ini adalah meningkatkan availabilitas mesin conti dan mengurangi jumlah gula yang *losses* melalui perbaikan kegiatan *maintenance* mesin dan tingkat inventori komponen kritis.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Membangun model yang sesuai dan merepresentasikan sistem nyata di stasiun puteran.
2. Untuk mengevaluasi performansi sistem eksisting mesin conti di Stasiun Puteran PG Kebon Agung.
3. Mengembangkan skenario mesin conti berdasarkan tingkat inventori dan kegiatan *maintenance*.
4. Untuk menganalisis performansi sistem eksisting dibandingkan dengan hasil skenario dilihat dari availabilitas sistem, total *cost* inventori dan *losses* gula.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membantu PG Kebon Agung dalam menentukan pemesanan inventori yang lebih baik.
2. Membantu PG Kebon Agung untuk mengurangi jumlah gula yang *losses* akibat *breakdown time* terlalu lama.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Berikut adalah ruang lingkup penelitian yang ditetapkan pada penelitian ini.

1.5.1 Batasan

Batasan yang ditetapkan pada penelitian ini adalah:

1. Ruang lingkup penelitian dibatasi pada mesin conti D1, D2, C dan A di stasiun puteran.
2. Jumlah mesin conti D1 yang dianalisa berjumlah 9 buah, mesin conti D2 berjumlah 5, mesin conti C berjumlah 4 dan mesin conti A berjumlah 7 buah.
3. Data historis yang diamati hanya pada masa giling 2017.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang ditetapkan pada penelitian ini adalah:

1. Kapasitas semua mesin conti dianggap sama seperti keadaan mesin baru.

2. Kemampuan memperbaiki mesin oleh semua operator dianggap sama.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai sistematika penelitian yang digunakan pada penelitian ini.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan permasalahan penelitian yang akan diselesaikan pada penelitian, tujuan penelitian yang akan dicapai, batasan dan asumsi yang digunakan pada penelitian ini, dan sistematika penelitian yang menjelaskan isi dari penelitian ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini akan dijelaskan mengenai landasan teori yang digunakan pada penelitian ini. Teori ini akan digunakan oleh peneliti sebagai dasar untuk menyelesaikan permasalahan yang ada di penelitian ini. Selain itu, teori ini juga akan digunakan untuk menjelaskan secara detail mengenai konsep yang digunakan di penelitian ini. Teori yang digunakan dalam melakukan tinjauan pustaka didapatkan dari buku, penelitian sebelumnya, *paper* dan jurnal penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang harus dilakukan pada penelitian ini, dari awal hingga akhir. Langkah-langkah tersebut akan dijelaskan secara komprehensif tentang prosedur penelitian.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai data yang dikumpulkan berdasarkan kebutuhan penelitian yang dilakukan. Data yang dikumpulkan dapat didapatkan dari data primer atau data sekunder. Seluruh data tersebut akan dijadikan *input* dalam penelitian, yang akan diproses menggunakan metode dan pendekatan penelitian untuk menghasilkan solusi dari permasalahan yang ada.

BAB 5 PEMODELAN SISTEM

Pada bab 5 akan dibahas mengenai pembuatan model konseptual untuk dijadikan dasar pembuatan model simulasi menggunakan ARENA. Kemudian model tersebut akan divalidasi dan diverifikasi agar dapat merepresentasikan sistem nyata.

BAB 6 EKSPERIMEN DAN HASIL

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil eksperimen terhadap model simulasi yang telah dibuat sebelumnya. Eksperimen dilakukan dengan menerapkan jadwal-jadwal pengoperasian mesin conti yang diusulkan. Kemudian dilakukan analisis *output* untuk menentukan hasil penjadwalan mesin conti terbaik.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengolahan data, dan saran yang direkomendasikan untuk objek penelitian dan penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai tinjauan pustaka yang akan dijadikan dasar dalam melakukan penelitian. Dalam bab ini dijelaskan mengenai kegiatan *maintenance*, *repairable* dan *non-repairable system*, MTTF, sistem, model dan simulasi serta penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

2.1 Maintenance

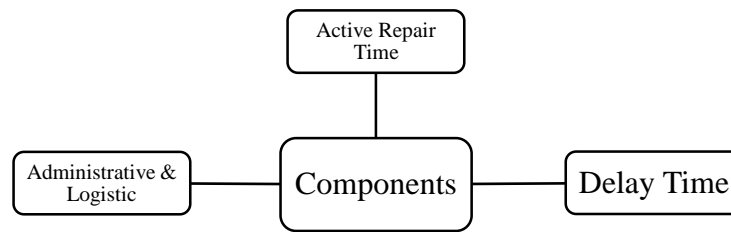
Kegiatan *maintenance* sangat penting untuk menjaga keandalan mesin agar menghasilkan *output* produk yang sesuai dengan spesifikasi. Kegiatan *maintenance* berkembang menjadi beberapa macam metode berdasarkan *trigger* untuk melakukan *maintenance*. Metode yang familiar dan banyak digunakan dalam industri ada dua, yakni *corrective maintenance* dan *preventive maintenance*.

Metode *corrective maintenance* (CM) yang berkembang sekitar tahun 1957 dilakukan ketika terjadi kerusakan komponen pada suatu mesin agar mesin dapat beroperasi kembali. Sedangkan metode *preventive maintenance* (PM) yang berkembang lebih dulu, yakni sekitar tahun 1950, dilakukan secara periodik atau terjadwal pada suatu komponen sebelum terjadinya kerusakan.

Metode lain yang berkembang adalah *predictive maintenance* (PdM) yang dilakukan berdasarkan prediksi dengan melakukan inspeksi dan diagnosa terhadap umur penggunaan komponen antar *maintenance*. Metode *predictive maintenance* dilakukan untuk memaksimalkan umur penggunaan komponen.

2.1.1 Corrective Maintenance

Corrective maintenance merupakan kegiatan perawatan yang didasari oleh adanya kerusakan komponen, sehingga tidak memiliki jadwal spesifik namun tetap perlu diperhatikan, ditambahkan dan diintegrasikan dengan jadwal operasi pabrik (Dhillon, 2006).



Gambar 2.1 Tiga Komponen Penting Kegiatan CM (Dhillon, 2006)

Ketika sebuah komponen rusak maka akan muncul *delay time* yang dibutuhkan karena berbagai kegiatan yang harus dipenuhi untuk memperbaiki komponen tersebut, salah satunya adalah menunggu komponen yang baru jika komponen yang rusak harus diganti. Dalam menyediakan komponen yang dibutuhkan untuk perbaikan mesin berada di lingkup administrasi dan kegiatan logistik. *Active repair time* merupakan kegiatan inti dari perbaikan yang terdiri dari *checkout time*, *preparation time*, *fault correction time*, *fault location time*, *adjustment and collaboration time* dan *spare item obtainment time*.

Dalam melakukan kegiatan *corrective maintenance* ada beberapa tahapan yang dilakukan menurut Dhillon, yakni:

- *Failure recognition*: menentukan kerusakan yang terjadi.
- *Failure localization*: melokalisasi komponen-komponen yang terlibat atau berkaitan dengan kerusakan tersebut.
- *Diagnosis*: memeriksa dengan cermat kerusakan yang terjadi untuk mengetahui komponen atau peralatan yang menyebabkan kerusakan.
- *Replacement or repair*: memperbaiki atau mengganti komponen yang rusak, sesuai hasil diagnosa tingkat kerusakan komponen tersebut.
- *Return system to service*: mengecek kembali perbaikan yang telah dilakukan dan mempersiapkan mesin agar *ready to service*.

2.1.2 Preventive Maintenance

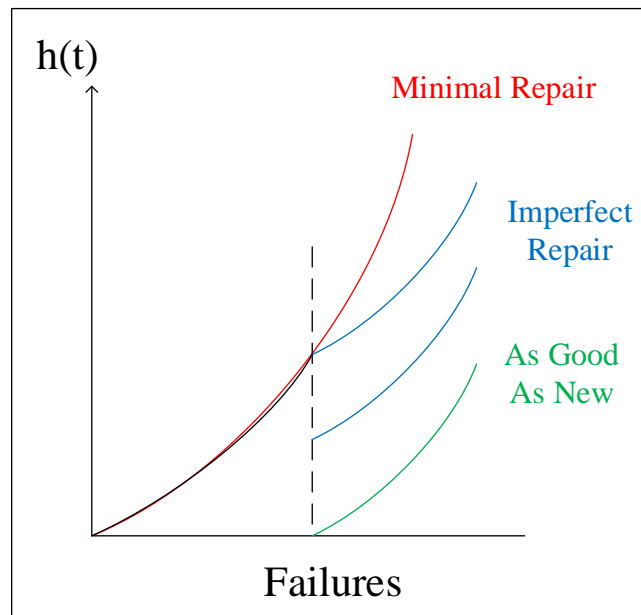
Kegiatan *prventive maintenance* merupakan kegiatan untuk menjaga mesin dan fasilitas produksi dalam keadaan operasional yang baik dengan melakukan inspeksi, deteksi dan perbaikan sebelum menuju masa kerusakan atau sebelumnya (Dhillon, 2006).

Dalam melakukan kegiatan *preventive maintenance* ada beberapa langkah yang perlu dilakukan, yakni:

- *Identify and select the areas*: menentukan area penting yang akan dilakukan PM.
- *Highlight the PM requirements*: membuat jadwal dan kegiatan yang dilakukan untuk inspeksi harian dan inspeksi periodik.
- *Determine assignment frequency*: menentukan frekuensi kegiatan PM dengan memperhatikan historis keadaan komponen, rekomendasi dari penyedia komponen dan para teknisi.
- *Prepare the PM assignment*: mempersiapkan kegiatan PM harian dan periodik dalam bentuk SOP yang efektif dan disetujui.
- *Schedule the PM assignment*: membuat jadwal PM dalam kurun waktu 12 bulan.
- *Expand the PM program as appropriate*: mengembangkan kegiatan PM ke area lain dari kegiatan PM awal.

2.2 Repairable dan Non-repairable System

Sebuah sistem yang terdiri dari beberapa komponen yang mengalami kerusakan (*failure*) terbagi menjadi dua, yakni komponen yang dapat diperbaiki (*repairable system*) dan komponen yang tidak dapat diperbaiki (*non-repairable system*). *Repairable system* dapat diperbaiki dengan melakukan *treatment* tertentu dan hasil dari perbaikannya bisa menjadi *as good as new*, *minimal repair* dan *imperfect repair*. Sedangkan *non-repairable system* kondisinya setelah mengalami perbaikan adalah *as good as new* karena komponen lama yang rusak diganti dengan komponen baru. Tentu saja dengan asumsi bahwa komponen yang baru tidak mengalami cacat produksi atau produsen komponen tersebut sama.



Gambar 2.2 Macam-Macam Pengaruh Perbaikan

Pada Gambar 2.2 merupakan grafik yang menunjukkan laju kerusakan $h(t)$ dan posisi dimana komponen atau sistem mengalami kerusakan (*failures*). Ketika komponen mengalami kerusakan dan diperbaiki, ada tiga kemungkinan hasil dari perbaikan tersebut. *Minimal repair* menunjukkan bahwa laju kerusakan tetap sama pada saat ketika sebelum *fail* yang menandakan bahwa perbaikan yang dilakukan tidak berdampak apa-apa, bahkan bisa memperburuk kondisi komponen. Pada *imperfect repair*, hasil perbaikan kurang sempurna sehingga kondisinya hampir sama dengan minimal repair atau mendekati kondisi *as good as new*. Kemungkinan yang ketiga adalah kondisi komponen atau sistem yang diperbaiki menjadi *as good as new* atau disebut juga *perfect repair*.

Dalam penelitian ini, komponen kritis mesin conti yang menjadi objek amatan termasuk dalam *non-repairable*, sehingga setiap ada kerusakan maka komponen lama akan diganti dengan yang baru.

2.3 MTTF (Mean Time To Failure)

Salah satu ukuran dalam menghitung keandalan adalah MTTF / MTBF yang didefinisikan sebagai nilai rata-rata atau yang diharapkan $E[T]$ dari waktu kerusakan T (Elsayed, 2012).

MTTF digunakan untuk komponen yang tidak dapat diperbaiki (*non-repairable*), sedangkan MTBF (Mean Time Between Failure) digunakan untuk komponen yang dapat diperbaiki (*repairable*) (Elsayed, 2012).

Rumus untuk menghitung MTTF menurut Dhillon ada tiga, yakni:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} tf(t)dt$$

$$MTTF = \lim_{s \rightarrow 0} R(s)$$

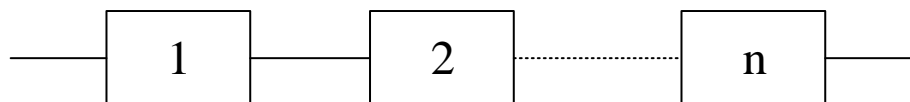
MTTF adalah waktu antara mesin mulai beroperasi sampai mengalami kerusakan kembali. Sedangkan MTTR adalah waktu dari mesin mulai rusak dan diperbaiki sampai selesai perbaikan dan siap beroperasi kembali.

2.4 RBD (Reliability Block Diagram)

RBD merupakan gambaran dari koneksi antara satu komponen dengan komponen lain dalam sebuah sistem (Elsayed, 2012). RBD biasa digambarkan dengan blok yang menunjukkan suatu komponen dan antara satu blok dengan blok lain dihubungkan dengan garis yang menandakan hubungan antara satu blok dengan blok lain. Koneksi yang terjadi di dalam RBD dapat terbagi dalam 3 macam, yakni sebagai berikut.

2.4.1 Sistem Seri

Sistem seri menunjukkan hubungan antara komponen yang tersusun segaris, sehingga ketika ada satu komponen yang rusak, maka sistem tersebut mati. Berikut adalah ilustrasi RBD sistem seri.

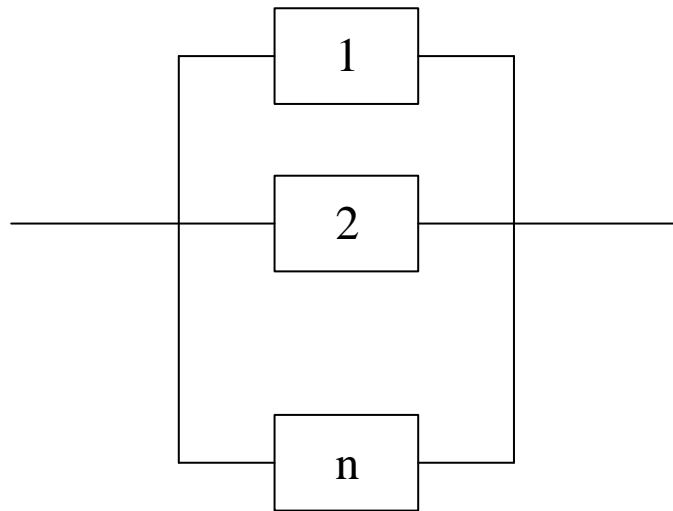


Gambar 2.3 Ilustrasi RBD Sistem Seri

Pada Gambar 2.3 blok 1, 2 sampai n terhubung secara seri karena terhubung dengan satu garis yang menunjukkan urutan dari yang pertama sampai ke n. Jika salah satu komponen mengalami *fail* maka seluruh sistem dianggap *fail*.

2.4.2 Sistem Paralel

Sistem paralel memiliki hubungan percabangan dari sebuah garis yang menghubungkan satu blok dengan blok lain. Berikut adalah ilustrasi RBD untuk sistem paralel.

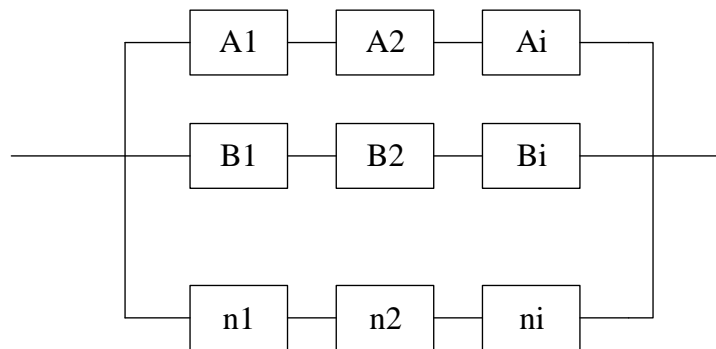


Gambar 2.4 Ilustrasi RBD Sistem Paralel

Pada Gambar 2.4 ditunjukkan percabangan garis yang menuju ke blok 1, blok 2 sampai blok ke n. Antara satu blok dengan blok yang lain tidak terhubung secara langsung, sehingga ketika blok 1 mengalami *fail* maka sistem dianggap tidak *fail*. Sistem dianggap *fail* apabila dari blok 1 sampai blok ke-n mengalami *fail*.

2.4.3 Sistem Campuran Paralel dan Seri

Pada RBD jenis ini menunjukkan campuran RBD sistem seri dan paralel. Bisa paralel-seri, seri paralel atau campuran seri dan paralel. Berikut adalah ilustrasi dari RBD sistem campuran paralel dan seri.



Gambar 2.5 Ilustrasi RBD Sistem Campuran Paralel dan Seri

Pada Gambar 2.5 ditunjukkan sistem seri yang tersusun secara paralel, atau sistem seri di dalam sistem paralel. Jika komponen A1 mengalami kerusakan, maka sistem seri dari A1 sampai Ai dianggap *fail*, namun keseluruhan sistem yang tersusun secara paralel masih dianggap tidak *fail*.

Sistem campuran antara seri dan paralel juga bisa tersusun secara paralel dalam seri dan hubungan yang lainnya.

2.5 Availabilitas

Availabilitas merupakan ukuran performansi sistem yang sangat penting dalam menilai suatu keandalan, karena terdapat parameter kerusakan dan perbaikan dari suatu komponen yang diuji keandalannya (Elsayed, 2012). Availabilitas sendiri merupakan besarnya peluang sebuah sistem dalam melakukan fungsinya dengan baik ketika dibutuhkan selama interval waktu tertentu.

Rumus dasar dalam menghitung availabilitas sistem adalah sebagai berikut.

$$A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

Nilai availabilitas juga dapat diperoleh dari status suatu sistem yang dibedakan menjadi aktif dan tidak aktif. Nilai availabilitas sistem diperoleh dari jumlah status aktif sistem tersebut dibagi dengan total jumlah aktif dan tidak aktif sistem. Lebih lanjut, perhitungan availabilitas dibedakan menjadi *Inherent Availability*, *Achieved Availability* dan *Operational Availability*.

2.6 Manajemen Inventori

Kegiatan manajemen inventori merupakan bagian yang penting dalam mendukung proses produksi. Inventori merupakan barang atau *suplly* yang dijual perusahaan atau yang dibutuhkan sebagai *input* untuk proses produksi (Arnold et al., 2008). Berikut adalah macam-macam kebijakan manajemen inventori.

2.6.1 Kebijakan Inventori R, S

Kebijakan ini termasuk dalam *periodic review*, yakni memeriksa jumlah stok tersisa (*on hand inventory*) setiap R waktu dan melakukan pemesanan sampai maksimum stok (S).

2.6.2 Kebijakan Inventori R, s, S

Kebijakan ini melakukan *review* setiap R waktu, dan ketika pengecekan stok mencapai *reorder point* (s) atau kurang dari s, akan dilakukan pemesanan sampai maksimum stok (S).

2.6.3 Kebijakan Inventori s, S

Kebijakan ini termasuk dalam *continuously review* dimana ketika stok sudah mencapai level s, akan dilakukan pemesanan sampai maksimum stok (S).

2.6.4 Kebijakan Inventori s, Q

Kebijakan ini sama dengan s, S, namun jumlah *sparepart* yang dipesan adalah sejumlah Q unit. Penentuan Q dilakukan dengan menghitung EOQ dari kebutuhan *sparepart* selama periode waktu tertentu.

Dalam penelitian ini, kebijakan eksisting yang digunakan adalah kebijakan s, S. Pada skenario perbaikan akan dilakukan perubahan kebijakan, salah satunya dengan menerapkan kebijakan s, Q. Karena dalam penelitian ini jumlah *demand sparepart* dan *lead time* berdistribusi probabilistik, maka digunakan rumus sebagai berikut.

$$\sigma \text{ selama } LT = \sqrt{(LT \cdot \sigma_D^2) + (D^2 \cdot \sigma_{LT}^2)} \quad (2.1)$$

$$ROP = LT \cdot D + SS \quad (2.2)$$

$$ROP = LT \cdot D + (Z \cdot \sigma \text{ selama } LT)$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot RC \cdot D}{HC}} \quad (2.3)$$

Dimana,

σ_D = standar deviasi *demand*

σ_{LT} = standar deviasi *lead time*

SS = *safety stock*

Z = nilai Z dari *service level*

RC = *reordering cost*

HC = *holding cost*

Dalam penelitian ini, *service level* diasumsikan 95% dengan nilai $Z = 1.64$. Untuk periode waktu yang digunakan yakni selama musim giling atau 6 bulan (180 hari). Sedangkan untuk jenis distribusi data *lead time* dan *demand sparepart* diasumsikan berdistribusi normal.

2.7 Sistem, Model dan Simulasi

Sistem, model dan simulasi merupakan tiga hal yang saling berkaitan. Ketiga hal tersebut banyak dipelajari dan dikembangkan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada di dunia industri. Simulasi merupakan cara untuk meniru sistem nyata agar bisa dipelajari perilakunya dengan cara membuat sebuah model yang merepresentasikan sistem nyata.

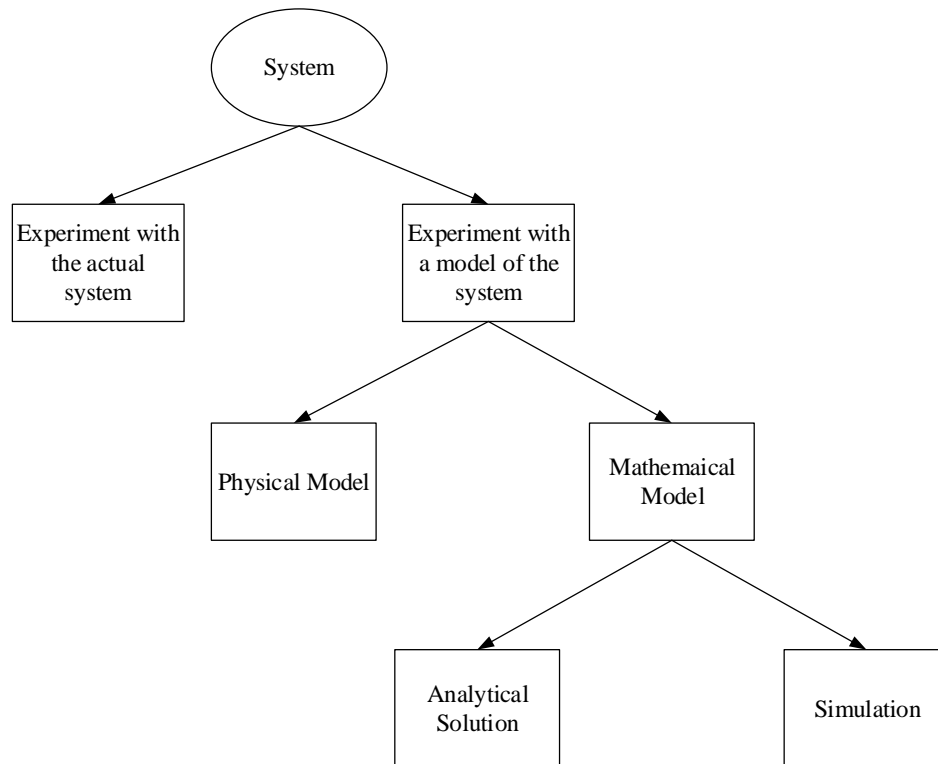
2.7.1 Sistem

Sebuah sistem terdiri dari entitas, seperti orang dan mesin, yang saling berinteraksi untuk melakukan suatu tugas tertentu (Schmidt & Taylor, 1970). Dalam melakukan interaksi tersebut ada *input* yang memicu entitas di dalam sistem untuk bekerja. Dan hasil dari pekerjaan tersebut berupa *output* yang menjadi tujuan dilakukannya pekerjaan tersebut.

2.7.1.1 Studi Sistem

Performansi dari sistem yang berjalan terkadang memiliki masalah. Baik dari sisi *input*, entitas yakni orang atau mesin yang bekerja di dalam sistem, metode kerja yang salah, kekurangan *resource* dan masalah lain. Sistem yang memiliki masalah menyebabkan performansi sistem menurun sehingga tingkat keuntungan yang didapatkan juga menurun. Maka dari itu perlu dilakukan evaluasi terhadap sistem tersebut untuk mengetahui dimana letak permasalahan dan solusi terbaik

untuk menyelesaikan masalah tersebut. Gambar 2.1 menunjukkan cara untuk mempelajari sistem agar dapat melakukan evaluasi yang dijelaskan oleh (Law & Kelton, 2007)



Gambar 2.6 Bagan Cara Mempelajari Sistem

Dalam Gambar 2.6 digambarkan bagaimana sistem bisa dipelajari melalui dua cara. Cara pertama adalah melakukan eksperimen dengan langsung menerapkan pada sistem nyata. Cara ini mungkin lebih dapat dilihat dampak yang sesungguhnya. Namun akan mengganggu sistem nyata yang sedang berjalan dan bisa saja menimbulkan biaya yang berlebih jika hasil eksperimen tersebut ternyata menurunkan performansi sistem. Cara lain adalah dengan melakukan uji coba hasil eksperimen di sebuah model yang merepresentasikan sistem nyata. Dengan cara ini sistem nyata tidak akan terganggu dengan adanya uji coba hasil eksperimen berapa kali pun dan jika hasil uji coba menurunkan performansi sistem tidak akan membawa dampak kerugian yang nyata. Namun eksperimen yang dilakukan melalui model hanyalah tiruan dari sistem nyata, tidak benar-benar sistem tersebut. Perubahan-perubahan yang terjadi pada sistem tidak bisa benar-benar sesuai dengan

model yang telah dibuat. Namun bisa didekati dengan menggunakan distribusi probabilitas.

Dalam eksperimen di dalam model ada dua jenis, yakni model fisik dan model matematis. Model fisik berupa bentuk tiruan nyata dari sistem asli, yang dapat dilihat oleh mata dan dipegang. Contoh model fisik adalah sebuah tiruan *handphone* yang biasa ditampilkan di toko HP. Calon pembeli dapat melihat langsung bentuk dari HP yang ingin dibeli dan merasakan HP tersebut ketika digenggam. Sedangkan model matematis sebagian besar digunakan untuk berbagai tujuan. Model yang merepresentasikan sistem nyata yang telah dibuat dapat diubah dan dapat dilihat bagaimana reaksi dari model tersebut.

Dalam model matematis yang telah dibuat, untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diperlukan dalam mempelajari sistem tersebut dapat menggunakan metode analitis dan metode simulasi. Dalam metode analitis digunakan untuk model yang sederhana dan mempunyai nilai pasti. Seperti mencari waktu yang dibutuhkan dari kota A ke kota B yang berjarak 80 km dengan kecepatan kendaraan konstan 80 km/jam. Maka waktu yang dibutuhkan adalah 1 jam. Namun jika sistem yang dimodelkan memiliki tingkat kompleksitas tinggi sehingga tidak mudah untuk diselesaikan dengan metode analitis, maka dapat digunakan metode simulasi. Dalam penelitian ini digunakan metode simulasi untuk mencari jawaban dari model yang akan diubah karena tingkat kompleksitas yang cukup tinggi dan adanya *variable* yang saling bergantung yang memiliki nilai berdistribusi probabilitas.

2.7.1.2 Elemen Sistem

Untuk membuat model yang mampu merepresentasikan sistem nyata perlu mengidentifikasi elemen-elemen sistem. Berikut adalah elemen-elemen dari sistem menurut (Kelton et al., 2015):

- *Entitas* : sesuatu yang masuk ke dalam sistem dan diproses didalam sistem
- *Atribut* : karakteristik yang menempel pada suatu entitas
- *Resource* : sumber daya yang dibutuhkan untuk memproses entitas
- *Variable* : terdapat dua *variable*, yakni *variable control* (ketetapan yang dapat diubah dan diganti) dan *variable respons* (dampak dari perubahan yang dilakukan di *variable control*)

- *Process* : suatu aktivitas yang dilakukan di dalam sistem

2.7.2 Model

Model merupakan bentuk tiruan dari sebuah sistem nyata yang memiliki karakteristik, perilaku dan keadaan yang sama, dengan tujuan untuk mengimprovisasi sistem nyata dengan mengubah parameter dan keadaan yang ada di dalam sistem (Law & Kelton, 2007). Dengan adanya suatu model maka pemodel akan bebas menentukan apa yang akan diubah untuk mengetahui dampak dari perubahan model tersebut. Jenis dari pemodelan antara lain:

- Model fisik: penyederhanaan atau perubahan ukuran benda nyata dalam skala tertentu.
- Model matematika: persamaan atau relasi dalam perhitungan matematika.
- Model komputer: program yang mendiskripsikan sistem di dalam suatu komputer.

2.7.3 Simulasi

Simulasi merupakan sekumpulan metode dan aplikasi untuk menirukan sistem dengan perilaku dan karakteristik yang sama, dan biasanya menggunakan komputer atau perangkat lunak tertentu. Dengan adanya perangkat lunak dan komputer yang mendukung penggunaan simulasi, menjadikan simulasi semakin kuat dan populer bahkan menjadi istilah yang umum karena berlaku di banyak bidang (Law & Kelton, 2007). Dapat dikatakan bahwa simulasi adalah uji coba dari model yang telah dibuat pada suatu media tertentu, seperti komputer.

2.7.3.1 Penggunaan Simulasi

Simulasi tidak selalu digunakan untuk menganalisis sebuah sistem. Adakalanya sistem yang dianalisis tidak membutuhkan simulasi untuk mengetahui performansinya, cukup dengan menggunakan metode analitis saja. Berikut adalah alasan mengapa simulasi perlu digunakan.

- Model yang dibuat sangat rumit dan banyaknya interaksi antar komponen dan variable.
- Hubungan antar variable tidak linear
- Model mengandung varietas acak
- Output yang dihasilkan dalam bentuk 3D

Dengan adanya simulasi akan dapat membantu analisa model yang dibuat dan mengetahui bagaimana dampak atau performansi sistem dengan adanya perubahan yang dilakukan di dalam sistem tersebut.

2.7.3.2 Jenis - Jenis Simulasi

Ada beberapa jenis simulasi yang dibedakan berdasarkan karakteristiknya. Berikut adalah jenis-jenis simulasi menurut (Kelton et al., 2015).

- Statis dan Dinamis. Jenis simulasi ini dibedakan berdasarkan waktu. Simulasi statis tidak dipengaruhi oleh waktu, karena kejadian dalam sistem terjadi pada saat tertentu saja. Sedangkan simulasi dinamis adalah kebalikan dari statis.
- Kontinu dan Diskrit. Jenis simulasi ini dibedakan berdasarkan keadaan dari sistem. Dalam simulasi kontinu, keadaan sistem dapat berubah sepanjang waktu. Simulasi jenis ini biasanya berkaitan dengan ukuran volume. Sedangkan simulasi diskrit menunjukkan perubahan sistem pada satu titik waktu yang spesifik. Namun kedua jenis simulasi ini dapat dikombinasikan menjadi satu, yakni disebut *mixed continuous discrete models*.
- Deterministik dan Stokastik. Jenis simulasi ini dibedakan berdasarkan random atau tidaknya *input* dalam sistem. Kejadian pada simulasi deterministik memiliki *input* yang pasti. Seperti selesainya suatu produk dalam waktu 1 jam sekali. Sedangkan simulasi stokastik memiliki *input* yang random, seperti kedatangan nasabah bank.

2.7.3.3 Langkah – Langkah Simulasi

Simulasi dan model tidak dapat dipisahkan, karena dalam melakukan simulasi perlu membuat model terlebih dahulu. Untuk membangun model simulasi dibutuhkan pengetahuan dan juga melakukan observasi secara langsung jika perlu, agar model yang dibuat benar-benar merepresentasikan sistem nyata. Berikut adalah langkah-langkah melakukan simulasi.

1. Analisa masalah

Tahap awal adalah dengan mengetahui problem dari suatu sistem. Selain itu juga harus memahami komponen-komponen yang ada di dalam sistem beserta fungsi dan interaksi antar komponen. Kemudian menentukan *goal* dari masalah yang ada.

2. Pengumpulan Data

Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan dalam membangun suatu model. Semua data tersebut berkaitan dengan komponen sistem dan yang memberikan pengaruh kepada sistem. Dalam pengumpulan data harus hati-hati dan teliti. Agar tidak terjadi kesalahan analisa.

Data yang diperlukan dapat berupa data struktural yang memuat informasi mengenai elemen-elemen dalam sistem. Selain itu juga dapat berupa data operasional dan data numerik. Data operasional adalah informasi yang memuat peraturan-peraturan yang diterapkan dalam sistem dan bagaimana sistem tersebut berjalan. Data numerik berupa data kualitatif atau angka yang berkaitan dengan data struktural.

3. Pembuatan Model

Setelah semua data terkumpul. Maka langkah selanjutnya yaitu membangun model yang sesuai dengan sistem nyata. Pembuatan model dilakukan di dalam suatu program atau perangkat lunak yang ada di komputer.

4. Verifikasi

Tujuan dari verifikasi adalah untuk memastikan model yang dibuat sudah benar. Verifikasi memastikan bahwa model yang sudah dibuat sesuai dengan spesifikasi sistem. Untuk menandai bahwa model sudah terverifikasi adalah dengan cara melakukan pengecekan pada model yang telah dibuat pada komputer. Jika diuji coba dengan melakukan *running* masih terdapat *error*, maka model tersebut masih belum terverifikasi.

5. Validasi

Setelah model terverifikasi maka langkah selanjutnya adalah dengan melakukan validasi. Validasi dilakukan dengan membandingkan model dengan sistem nyata. Apakah perilaku dari model tidak jauh berbeda dengan perilaku sistem nyata atau tidak. Untuk mengujinya biasanya digunakan uji statistik untuk memastikan bahwa model sudah tervalidasi.

6. Melakukan Simulasi

Setelah model tervalidasi, maka langkah selanjutnya adalah dengan melakukan simulasi dan melakukan eksperimen untuk menentukan skenario-skenario. Pembuatan skenario dengan mengubah beberapa *variable control*

yang ada di dalam sistem. Tentunya, skenario yang dilakukan untuk mengatasi masalah yang ada di dalam sistem tersebut.

7. Analisa *Output*

Hasil dari eksperimen simulasi kemudian dianalisa untuk dipilih skenario yang terbaik untuk masalah tersebut.

8. Memberikan Rekomendasi

Dari hasil analisa, akan dapat diberikan rekomendasi yang sesuai untuk masalah tersebut. biasanya disajikan dalam bentuk laporan yang memuat informasi-informasi penting terkait keadaan sistem sebelum dan sesudah dilakukan eksperimen.

2.7.3.4 *Verifikasi*

Proses penting dalam melakukan sebuah simulasi adalah memastikan bahwa model yang telah dibuat sudah merepresentasikan dengan benar. Dalam penelitian ini, proses verifikasi dilakukan dengan menjalankan simulasi dari model yang telah dibuat. Bagian yang diinspeksi dari model simulasi yang telah dibuat adalah sebagai berikut.

- Memastikan bahwa parameter *input* dan statistik *output* telah dirumuskan dengan benar, sehingga tidak terjadinya *dead ends*.
- Menggunakan *debugger* untuk melacak modul yang salah. Dalam ARENA dilakukan dengan menekan F5 untuk mengetahui apakah ada *error* dari modul yang telah dibuat.
- Menggunakan animasi untuk mengetahui bahwa model yang telah dibuat berjalan sesuai dengan sistem.
- Menggunakan cara *sanity checks*, yakni dengan melihat hasil dari simulasi dengan data yang diketahui. Misalkan jika rata-rata kedatangan diketahui dari sebuah sistem dibandingkan dengan rata-rata kedatangan dari hasil uji simulasi.

2.7.3.5 *Validasi*

Selain melakukan verifikasi dari model yang telah dibuat, sangat penting untuk melakukan validasi untuk memastikan kredibilitas dari model tersebut.

Validasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil dari simulasi dengan sistem nyata (Kelton et al., 2015).

2.7.3.6 Kelebihan dan Kekurangan Simulasi

Berikut adalah kelebihan dari penggunaan simulasi.

- Memberikan perkiraan yang nyata
- Mudah mengontrol *variable* keadaan untuk mencoba skenario baru
- Tidak membutuhkan banyak waktu dan biaya
- Tidak mengganggu sistem nyata
- Dapat melakukan percobaan dengan membuat skenario untuk melihat performansi masing-masing skenario

Kekurangan dari simulasi:

- Tidak dapat memberikan solusi yang optimal, hanya lebih baik
- Semakin rumit model akan semakin sulit untuk menyimulasikannya

2.8 Penelitian Sebelumnya

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai penelitian yang telah dilakukan dan berkaitan dengan penelitian ini.

Tabel 2.1 Deskripsi Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul Penelitian	Deskripsi
1	(Prakoso & Soepangkat, 2012)	Penentuan Interval Waktu Perawatan Pencegahan Peralatan <i>Centrifuge</i> Pada Proses Pembuatan Sabun Mandi Batang Dengan Menggunakan Simulasi Monte Carlo	Mencari Tp (interval perawatan) untuk PM yang optimum dari beberapa objektif (biaya, kinerja, keandalan dan <i>availability</i>) dengan menggunakan simulasi monte carlo.
2	(Revitasari, Novareza, & Darmawan, 2015)	Penentuan Jadwal Preventive Maintenance Mesin-Mesin di Stasiun Gilingan (Studi Kasus: PG. Lestari Kertosono)	Merencanakan metode pemeliharaan dengan PM untuk meningkatkan <i>availability</i> mesin-mesin di stasiun gilingan dengan teknik solusi analitis.
3	(Puspitasari & Prihapsari, 2017)	Perbandingan Kebijakan Preventive Maintenance dengan Corrective Maintenance Pada Mesin Manograph PT. Masscom Graphy	Perbandingan metode PM dan CM berdasarkan <i>cost</i> paling minimum dengan menggunakan teknik solusi analitis
4	(Bouslah, Gharbi, & Pellerin, 2018)	Joint Production, Quality and Maintenance Control of a Two-Machine Line Subject to Operation-Dependent and Quality-Dependent Failures	Mengkombinasikan teknik solusi analitis dan simulasi untuk mencari titik optimal PM dengan berdasarkan <i>cost</i> paling minimum.
5	(Salsabila, 2018)	Analisis Availabilitas dengan Mempertimbangkan Inventory Sparepart dan Penyangga Menggunakan Pendekatan Simulasi (Studi Kasus: PT Petrowidada)	Meningkatkan availabilitas <i>equipment</i> melalui perubahan inventori <i>sparepart</i> dan penyangga di setiap stasiun produksi dengan pendekatan simulasi.
6	Penelitian ini	Evaluasi Mesin Conti (<i>Centrifuge</i>) PG Kebon Agung dengan Metode Simulasi Diskrit untuk Meningkatkan Availabilitas	Membandingkan usulan perbaikan yang menerapkan metode PM dengan metode eksisting yang menerapkan CM berdsarkan <i>cost</i> paling minimum dengan menggunakan teknik solusi simulasi.

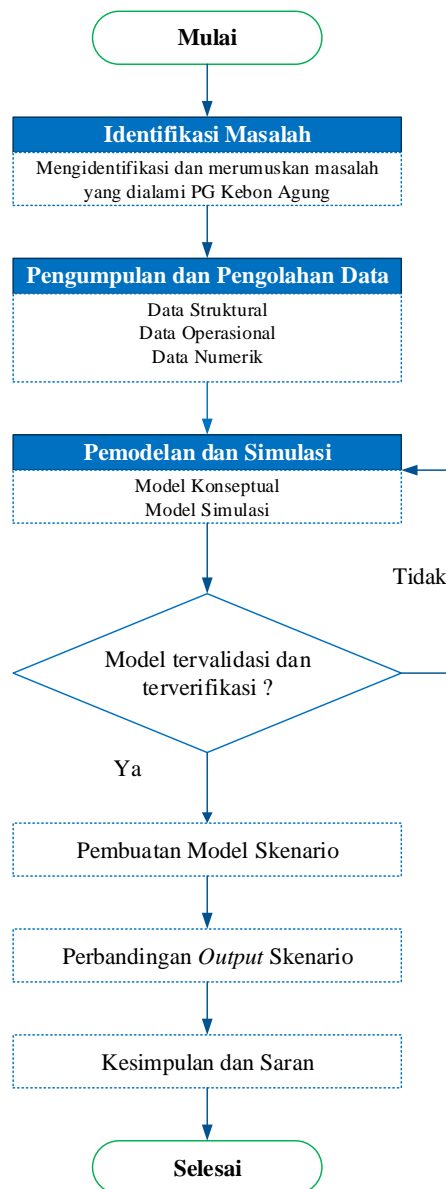
Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu

	1	2	3	4	5	6
	Tujuan					
Minimasi			V	V		V
Maksimasi		V			V	V
Optimasi	V			V		
	<i>Performance Measurement</i>					
Availabilitas	V	V			V	V
Total Cost	V		V	V		V
	Teknik Solusi					
Analitis		V	V	V		
Simulasi	V			V	V	V
	Variasi Masalah					
Indsutri Porses	V				V	V
Industri Manufaktur		V	V	V		
Dependent Reliability				V		
Penjadwalan Mesin		V				V
Variable Stokastik	V	V		V	V	V
Inventory Control				V	V	V
	Komponen Biaya					
Biaya TK	V		V	V		
Losses						V
Opportunity Cost	V					V
Maintenance Cost	V		V	V		
Holding Cost (listrik, dll)				V		V

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dijelaskan proses-proses yang dilakukan dalam melakukan penelitian. Secara umum langkah yang dilakukan dalam penelitian ini terbagi dalam 7 langkah besar. Yakni, identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, pemodelan dan simulasi, pengembangan skenario, analisis *output* dan kesimpulan dan saran. Berikut adalah *flowchart* proses penelitian ini



Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian

3.1 Identifikasi Masalah

Dalam tahap ini dilakukan dengan cara observasi secara langsung dan bertanya kepada Chemiker dari stasiun puteran. Dalam tahap identifikasi masalah juga penting untuk memastikan apakah masalah yang akan dipecahkan membutuhkan simulasi. Atau hanya cukup dengan metode analitis saja. Pada penelitian ini, simulasi dibutuhkan untuk membantu pemecahan masalah yang ada di Stasiun Puteran PG Kebon Agung, karena adanya data yang tidak pasti, seperti tingkat gula di distributor, waktu perbaikan mesin yang mengalami kerusakan dan saling berhubungan satu sama lain. Penentuan mesin yang beroperasi juga bergantung pada tingkat distributor mesin dimana jumlah gula yang ada di distributor tidak pasti (berdistribusi probabilitas), sehingga akan sulit jika menggunakan metode analitis/matematis.

Masalah yang terjadi di stasiun puteran adalah terkait mesin conti yang sering mengalami *breakdown*. Saat ini metode perawatan pada mesin conti adalah *corrective maintenance*. Metode ini tidak memiliki jadwal khusus untuk melakukan perawatan atau perbaikan. Perawatan atau perbaikan pada mesin dilakukan jika adanya masalah pada mesin. Komponen kritis yang menyebabkan *breakdown* pada mesin conti adalah saringan, *bearing*, *spindle as* dan *v-belt*. Kerusakan komponen kritis mesin conti yang datangnya tidak dapat diperkirakan ini dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan proses yang terjadi di stasiun puteran dan stasiun masakan. Jika hal itu terjadi maka dampak buruk yang didapatkan adalah meluapnya tingkat distributor gula di stasiun puteran. Selain itu jika terjadi kerusakan pada salah satu komponen mesin, yakni saringan mesin conti D1, akan menyebabkan kristal gula tidak tersaring dan ikut bersama *molasses* yang akan dijual. Kristal gula yang ikut bersama *molasses* merupakan sebuah kerugian karena seharusnya kristal gula tersebut bisa diproses menjadi gula kristal. Kerugian lain adalah jika mesin tiba-tiba mengalami kerusakan dan *sparepart* yang dibutuhkan tidak tersedia di gudang maka akan menambah waktu *breakdown* mesin.

Untuk itu dilakukan penelitian untuk menentukan tingkat inventori yang sesuai dan terkait kegiatan *maintenance* agar mengurangi dampak dari masalah-masalah tersebut. Dengan meminimalisasi waktu *breakdown* mesin maka akan mengurangi dampak dari kerugian tersebut, namun akan meningkatkan biaya

perbaikan komponen dan biaya lain. Kondisi eksisting akan dibandingkan dengan skenario-skenario perbaikan manajemen inventori *sparepart* kritis dan penambahan jumlah tim teknisi dengan metode simulasi diskrit. Usulan yang akan diajukan adalah skenario dengan availabilitas tinggi dan *cost* yang minimum.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk membuat model dari sistem di stasiun puteran. Data-data yang dibutuhkan dijelaskan pada tabel berikut

Tabel 3. 1 Data-Data yang Dibutuhkan Berdasarkan Jenisnya

Jenis Data	Data yang Dibutuhkan
Data Struktural	Elemen sistem
Data Operasional	Alur proses stasiun puteran Jadwal pengoperasian mesin Jadwal inspeksi HK tetes <i>molasses</i> Manajemen Inventori
Data Numerik	Jumlah gula yang ikut di <i>molasses</i> Kapasitas tangki distributor <i>Lead time</i> kedatangan <i>sparepart</i> Biaya perawatan dan <i>sparepart</i> Waktu rata-rata perbaikan (MTTR) Kapasitas dan jumlah mesin conti Data historis kerusakan komponen kritis Data historis kedatangan gula Biaya pemesanan dan penyimpanan <i>sparepart</i>

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan *interview* secara langsung kepada Chemiker / *Supervisor* dan operator di stasiun puteran. Selain itu data yang dibutuhkan juga diambil dari catatan laporan terkait produksi gula di stasiun masakan dan stasiun puteran.

3.3 Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data, data yang sudah terkumpul akan diolah dengan bantuan *software input analyzer*. Tujuan dari pengolahan data ini adalah untuk melakukan *fitting distribution* dari data-data historis yang bersifat numerik untuk dijadikan *input* dalam model simulasi, sehingga bisa merepresentasikan sistem nyata. Data yang diolah dengan bantuan *software input analyzer* adalah data historis tingkat distributor dan historis kerusakan.

Nilai MTTF dan MTTR masing-masing komponen kritis dari setiap jenis mesin conti akan dijadikan dasar sebagai acuan dalam menetapkan jadwal pergantian komponen saringan D1. Nilai MTTR telah diketahui dari hasil *interview* dengan chemiker di stasiun puteran untuk masing-masing komponen kritis. Pembuatan jadwal *maintenance* untuk pergantian komponen tersebut akan dijadikan sebagai skenario dalam eksperimen di model simulasi.

3.4 Pemodelan dan Simulasi

Dalam tahap ini dilakukan pembuatan model, kemudian dilakukan simulasi. Setelah itu dilakukan proses verifikasi dan validasi dari model yang telah dibuat. Kemudian hasil dari model yang sudah terverifikasi dan tervalidasi dianalisis.

3.4.1 Model Konseptual

Sebelum membuat model simulasi, perlu membuat model konseptual yang menggambarkan sistem nyata secara umum. Model konseptual memuat *input*, *output*, tujuan, konten, asumsi dan simplifikasi dari model dalam bentuk *non-software* (Robinson, 2014). Dalam penelitian ini model konseptual dibuat berdasarkan masing-masing jenis gula, yakni gula A, C dan D. karena terdapat perbedaan proses antara satu dengan yang lain. Model konseptual yang dibuat dalam bentuk *flow logic diagram* untuk kemudian dikembangkan dalam model simulasi.

3.4.2 Model Simulasi

Setelah model konseptual dibuat berdasarkan sistem nyata, maka langkah selanjutnya adalah membuat model simulasi dengan berdasarkan logika dari model konseptual. Kemudian data-data yang telah terkumpul dan diolah dijadikan *input* untuk melengkapi informasi dari model konseptual. Model simulasi dalam penelitian ini dibuat dengan menggunakan *software ARENA*.

Untuk memastikan bahwa model yang dibuat sudah merepresentasikan sistem nyata, maka dilakukan verifikasi dan validasi. Verifikasi bertujuan untuk memastikan bahwa model simulasi yang dibuat sudah benar dan sesuai dengan logika atau prosedur dari sistem nyata. Sedangkan proses validasi bertujuan untuk memastikan kredibilitas dari model simulasi yang telah dibuat.

Setelah dilakukan verifikasi dan validasi, proses selanjutnya adalah menentukan jumlah replikasi. Replikasi dalam *running* model simulasi dibutuhkan karena sifat dari simulasi adalah *Random Input Random Output* (RIRO), sehingga hasil dari *running* simulasi dapat merepresentasikan sistem nyata. Untuk menentukan jumlah replikasi dapat menggunakan rumus *half width*.

$$hw = e \quad (3.1)$$

$$\frac{\left(t_{n-1, \frac{\alpha}{2}}\right) x std}{\sqrt{n}} = e \quad (3.2)$$

Keterangan:

- t : nilai t dari tabel distribusi t
- n : jumlah replikasi (replikasi awal)
- α : tingkat *error*
- std : standar deviasi populasi

3.4.3 Verifikasi dan Validasi

Dalam tahap ini, hasil dari *running* simulasi model yang telah dibuat, dilakukan proses verifikasi dan validasi. Proses verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa logika yang ada di model sudah benar. Kemudian proses validasi dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dibuat tidak jauh berbeda dengan kondisi *real* sistem. Proses validasi model bisa menggunakan uji statistik.

3.5 Pembuatan Model Skenario

Pada tahap ini, dilakukan pengembangan skenario dari kondisi eksisting sesuai dengan hasil availabilitas sistem mesin conti. Availabilitas sistem conti yang paling kecil akan ditingkatkan dengan mengubah beberapa *variable* atau kebijakan dari pabrik, seperti tingkat inventori, jumlah tim teknisi. Selain itu untuk mengurangi jumlah gula yang *losses* karena saringan D1 yang rusak akan dilakukan

eksperimen dengan mengganti komponen saringan D1 sebelum waktu kerusakan terjadi.

3.6 Analisis *Output* Sistem Eksisting

Tahap ini dilakukan untuk menghitung dan mengidentifikasi performansi dari masing-masing skenario yang diukur dari *availability* serta memastikan data yang telah disimulasikan masih sesuai dengan kondisi awal. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *t test* untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antara skenario yang dibuat dengan kondisi awal.

3.7 Analisis dan Kesimpulan

Dalam tahap ini dilakukan analisis perbandingan antara performansi sistem eksisting dan perbaikan. Setelah itu dilakukan penarikan kesimpulan sesuai dengan tujuan yang telah dibuat pada awal penelitian.

3.7.1 Analisis

Dalam tahap ini dilakukan analisis antara hasil performansi sistem di stasiun puteran, yakni kondisi eksisting dimana menerapkan metode perawatan *corrective maintenance* pada komponen kritis mesin conti dan kondisi perbaikan yang menerapkan jadwal pergantian untuk komponen mesin conti. Serta penentuan jumlah mesin yang beroperasi dengan berdasarkan tingkat distributor dan jadwal pergantian komponen kritis mesin conti.

3.7.2 Kesimpulan

Dalam tahap ini dijelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan di awal penelitian. Selain itu juga memberikan rekomendasi penentuan jadwal operasi mesin conti yang lebih menguntungkan untuk stasiun puteran di PG Kebon Agung.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Dalam bab ini akan ditampilkan hasil pengumpulan data dan pengolahannya untuk dijadikan sebagai *input* dalam mencari solusi permasalahan penelitian ini.

4.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dibagi menjadi tiga, yakni data operasional, data struktural dan data numerik. Berikut adalah hasil pengumpulan data dari masing-masing jenis data tersebut.

4.1.1 Data Struktural

Data struktural adalah data yang menjelaskan struktur dari sistem yang diamati baik itu *layout* sistem, konfigurasinya sampai *item* yang diproses dalam sistem. Dalam penelitian ini data struktural dirangkum dalam elemen-elemen sistem yang ada di stasiun puteran. Berikut adalah elemen-elemen sistem di stasiun puteran menurut (Kelton et al., 2015):

1. Entitas pada sistem penelitian ini adalah volume gula yang didiskritkan dengan satuan Ton/Jam. Gula yang akan diproses dibedakan menjadi tiga, yakni gula A, C dan D. Masing-masing gula akan diproses di mesin yang berbeda.
2. Atribut adalah karakteristik dari entitas, dalam hal ini adalah jam kedatangan dari gula tersebut di distributor dan waktu gula tersebut diproses di mesin conti dan di mesin conti jenis apa.
3. *Resources* yang ada di dalam sistem ini adalah tangki disributor yang bertugas untuk menampung sementara gula yang datang dari stasiun masakan. Mesin conti merupakan *resource* yang kedua, dimana gula yang masih bercampur dengan larutan akan diproses dan menghasilkan *molasses*, stroop maupun klare. Mesin conti ada empat jenis, yakni conti A, C, D1 dan D2. Selain itu juga ada tim teknisi mesin yang bertugas untuk melakukan perbaikan pada mesin yang mengalami kerusakan.
4. *Variable control* yang ada dalam sistem ini adalah keputusan jumlah mesin yang dioperasikan dan jadwal penggantian komponen kritis mesin conti.

Sedangkan respon dari *variable control* adalah kecepatan pemrosesan gula yang ada di distributor, jumlah gula yang bisa diolah dalam waktu tertentu, frekuensi penggantian komponen kritis mesin dan biaya perbaikan.

5. *Process* atau aktivitas yang ada di dalam sistem ini adalah pemrosesan gula di stasiun puteran, yaitu mulai dari gula ditampung di distributor, diolah di mesin conti sampai keluar dari mesin conti dengan jenis *output* yang berbeda bergantung dengan jenis gula.

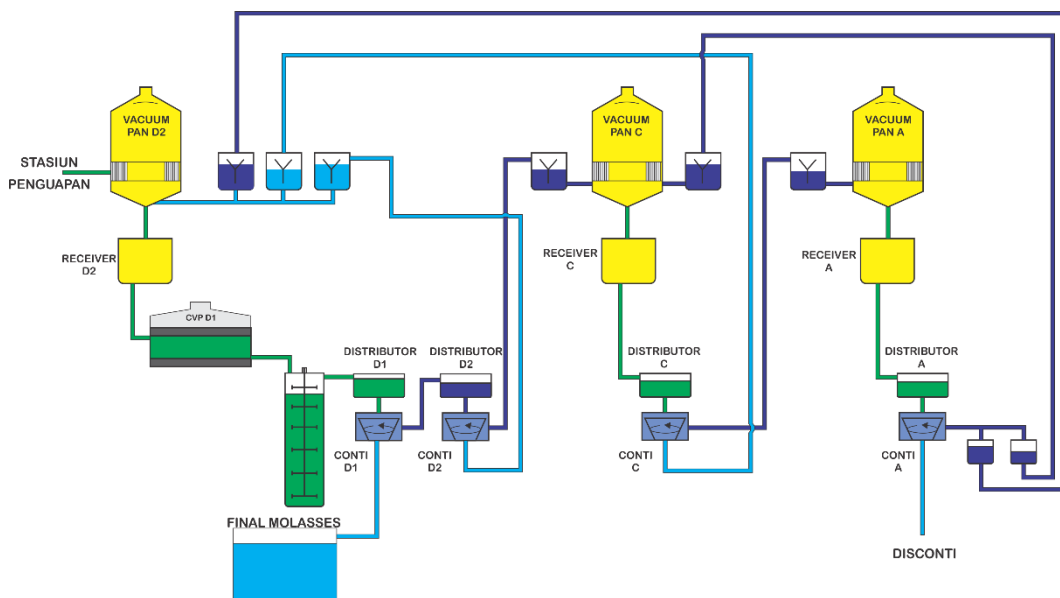
4.1.2 Data Operasional

Data Operasional merupakan data yang menjelaskan bagaimana kerja sistem yang meliputi informasi tentang penjadwalan, bagaimana sistem bekerja serta *behaviour* dari sistem. Dalam penelitian ini dibutuhkan tiga jenis data operasional, yakni alur produksi gula di stasiun putera, bagaimana penjadwalan mesin conti dan jadwal inspeksi *molasses* di stasiun puteran.

4.1.2.1 Alur Produksi

PG Kebon Agung memiliki 6 langkah dalam memproses gula yang disebut stasiun pada setiap prosesnya, yakni stasiun penggilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun masakan, stasiun puteran dan stasiun *packaging*.

Stasiun masakan dan stasiun puteran pada dasarnya adalah satu kesatuan proses yakni kristalisasi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1. Dalam proses kristalisasi, nira kental yang telah didapatkan dari hasil proses penguapan dimasukkan ke dalam sebuah bejana hampa udara untuk dimasak pada suhu tertentu, serta diberi bahan tambahan. Tujuan pemasakan adalah untuk memperbesar kristal gula dalam nira kental.



Gambar 4.1 *Flowprecess* Gula Pada Proses Kristalilasi

Selanjutnya gula yang masih bercampur dengan larutannya akan dipisahkan di stasiun puteran sesuai dengan jenis gula. Jenis gula yang dihasilkan di PG Kebon Agung ada 3, yakni gula A, C dan D. perbedaan masing-masing jenis gula adalah pada besarnya kristal gula yang ada di larutan. Gula A dibagi menjadi dua, yakni A halus dan A2. Gula A halus diproses di mesin conti sedangkan gula A2 atau SHS diproses di mesin disconti yang menghasilkan gula kristal. Sedangkan gula D dibagi menjadi dua juga, yakni Gula D1 dan D2. Gula D dari stasiun masakan diproses di mesin conti D1 dan menghasilkan gula D1. Kemudian gula D1 diproses di mesin conti D2 dan menghasilkan Gula D2.

Tabel 4.1 *Input dan Output* Mesin Conti

Jenis Mesin	Input	Output
Conti A	Gula A	Gula A (<i>babon</i>) / <i>Remelt</i> Setroop A
Conti C	Gula C	Gula C (<i>babon</i>) / <i>Remelt</i> Setroop C
Conti D1	Gula D	Gula D1 <i>Molasses</i>
Conti D2	Gula D1	Gula D2 / <i>Remelt</i> Klare D

Mesin Conti A menghasilkan hasil sampingan berupa setroop A. Mesin Conti C menghasilkan hasil sampingan berupa setroop C. Mesin Conti D1 menghasilkan hasil sampingan berupa gula tetes (*molasses*) yang akan dijual. Dan mesin conti D2 hasil sampingannya adalah klare D.

4.1.2.2 Jadwal Pengoperasian

Pengoperasian mesin conti bergantung pada pengamatan operator pada tingkat volume gula yang ada distributor. Terdapat tiga level volume gula yang ditampung di distributor untuk memudahkan penentuan jumlah mesin conti. Karena tidak ada ketentuan khusus, maka setiap operator akan memiliki keputusan yang berbeda terkait jumlah mesin yang akan dioperasikan pada setiap level distributor.

4.1.2.3 Jadwal Inspeksi

Jadwal inspeksi untuk HK *molasses* adalah pada setiap akhir *shift*, yakni 8 jam sekali untuk diuji di laboratorium. Pengambilan *sample molasses* dilakukan oleh petugas dari laboratorium tersebut. HK normal untuk *molasses* sebesar 5%, jika ada kenaikan HK maka ada indikasi adanya kerusakan saringan pada Mesin Conti D1. Meskipun faktor yang menyebabkan naiknya HK *molasses* tidak hanya karena saringan yang aus, tapi faktor yang paling berpengaruh dan sering terjadi adalah karena saringan yang aus.

4.1.2.4 Manajemen Inventori

Manajemen inventori persediaan *sparepart* untuk mesin conti di stasiun puteran menerapkan sistem s,S. Dimana s meruapakan jumlah minimum stok *sparepart* atau ROP (Reorder Point), sedangkan S adalah jumlah maksimum stok *sparepart* tersebut. Berikut adalah rekap level s,S dari komponen-komponen kritis mesin conti.

Tabel 4.2 Rekap Kebijakan Tingkat Inventori *Sparepart* Mesin Cotni

Komponen	s	S
Saringan D1	1	9
Saringan D2	1	5
Saringan C	1	4
Saringan A	1	7
V Belt	1	25
Bearing	1	25
Spindle As	1	25

4.1.3 Data Numerik

Data numerik merupakan data yang memuat informasi bersifat kuantitatif dari sistem. Data numerik pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Jumlah Gula yang Ikut dalam *Molasses*

Data ini diperlukan untuk menghitung nilai *losses cost* dari gula yang ikut dalam *molasses*. Karena gula yang seharusnya dapat diolah menjadi gula kristal dengan harga jual yang lebih tinggi akan ikut ke tangki *molasses* dan dijual dengan harga yang lebih rendah.

Kerusakan saringan pada Mesin Conti D1 akan meningkatkan HK *molasses* sebesar 1-2%. Misalkan jika salah satu Mesin Conti D1 mengalami kerusakan saringan yang memiliki kapasitas produksi (PC) 20 Ton/Jam dan telah mengalami kerusakan (T) selama 8 jam dan menyebabkan naiknya HK *molasses* sebesar 1%. Maka jumlah gula yang *losses* adalah

$$\text{Gula losses(Ton)} = \text{Naiknya HK(\%)} \times \text{PC(Ton/Jam)} \times \text{T(Jam)} \quad (4.1)$$

$$\text{Gula losses(Ton)} = 1\% \times 20 \text{ Ton/Jam} \times 8 \text{ Jam}$$

$$\text{Gula losses(Ton)} = 1,6 \text{ Ton}$$

2. Kapasitas Distributor

Distributor berfungsi untuk menampung larutan gula yang datang dari stasiun masakan sebelum diproses di mesin conti. Berikut adalah kapasitas dari masing-masing distributor.

Tabel 4.3 Rekap Kapasitas Distributor

	Kapasitas	Jumlah	Total	Semua
Distributor A				
Palung Pendingin	900	9	8100	8820
Tangki Mixer	360	2	720	
Distributor C				
Palung Pendingin	800	2	1600	3360
Tangki Mixer	360	2	720	
	520	2	1040	
Distributor D1				
Vertical Crystallizer	1800	1	1800	2460
Tangki Mixer	660	1	660	
Distributor D2				
Tangki Mixer	420	1	420	2220
Vertical Crystallizer	1800	1	1800	

3. *Lead time* kedatangan *spare part*

Kedatangan *spare part* yang dipesan oleh Stasiun puteran dari sejak diajukannya SP (Surat Permintaan) kepada pihak manajemen gudang rata-rata adalah 1 bulan. Namun bisa lebih cepat, yakni 2 minggu dan jika ada kendala maka bisa sampai lebih lama, yakni bisa sampai 2 bulan.

4. Biaya Perawatan dan *Sparepart*

Untuk biaya perawatan pada Stasiun puteran berupa tenaga kerja yang bertugas untuk melakukan perawatan / perbaikan jika ada kerusakan mesin tidak dihitung dalam penelitian ini. Karena biaya tenaga kerja untuk perawatan sudah termasuk dalam gaji bulanan yang diterima atau bersifat *fixed cost*.

Sedangkan untuk *sparepart* mesin conti bersifat *variable cost*, sehingga dihitung dalam penelitian ini. Karena bergantung pada berapa jumlah *sparepart* yang dibeli untuk memperbaiki mesin conti. Berikut adalah harga *sparepart* mesin conti yang termasuk dalam komponen kritis.

Tabel 4.4 Harga *Sparepart* Mesin Conti

Jenis <i>Sparepart</i>	Harga/Set
Saringan	Rp 7.000.000,00
V Belt	Rp 750.000,00
Bearing	Rp 5.000.000,00
Spindle As	Rp 6.700.000,00

5. Waktu Rata-Rata Perbaikan

Waktu rata-rata perbaikan didapatkan dari hasil *interview* dengan chemiker di stasiun puteran. Untuk setiap jenis komponen memiliki waktu perbaikan yang berbeda. Saringan mesin conti membutuhkan waktu maksimal 10 jam, minimumnya 7 jam dan rata-rata 8 jam. Untuk v belt maksimal 8 jam, minimum 5 jam dan rata-rata 6 jam. Untuk spindle as maksimal selama 24 jam, minimum 16 jam dan rata-rata 18 jam. Sedangkan untuk bearing maksimal 48 jam, minimum 36 jam dan rata-rata 40 jam.

Waktu tersebut adalah *pure maintenance*, yakni tersedianya tim teknisi yang bertugas untuk memperbaiki mesin dan *sparepart* yang dibutuhkan tersedia di gudang.

6. Kapasitas dan Jumlah Mesin Conti

Kapasitas mesin conti diasumsikan seperti awal kondisi mesin. Pada stasiun puteran terdapat 4 jenis mesin conti, yakni Mesin Conti A, C, D1 dan D2. Berikut adalah kapasitas dan jumlah dari masing-masing jenis mesin conti.

Tabel 4.5 Kapasitas dan Jumlah Mesin Conti

Mesin	Kapasitas (Ton/Jam)	Jumlah
Conti A	30 - 35	7
Conti C	25 - 30	4
Conti D1	20 - 25	8
	15 - 20	1
Conti D2	15 - 20	5

Mesin Conti C berjumlah 7 buah dengan kapasitas yang sama. Sedangkan Mesin Conti C yang berjumlah 4 buah dengan kapasitas yang sama. Mesin Conti D1 yang berjumlah 9 buah memiliki 1 mesin yang kapasitasnya lebih kecil. Untuk Mesin Conti D2 yang berjumlah 5 buah memiliki kapasitas yang sama.

7. Data Historis Kerusakan Mesin Conti

Data historis kerusakan mesin conti diambil pada masa giling 2017 dari tanggal 18 Mei 2017 sampai dengan 8 November 2017. Selama periode tersebut terdapat libur 10 hari, yakni pada tanggal 23 Juni 2017 sampai 2 Juli 2017. Data historis kerusakan dikonversi menjadi jam karena dalam penelitian ini akan digunakan satuan jam. Berikut adalah contoh data historis kerusakan mesin conti D1. Untuk data historis kerusakan yang mencakup semua jenis mesin akan dilampirkan.

Tabel 4.6 Rekap Data Historis TTF Mesin Conti D1

Saringan								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3032	3064	3000	1096	2248	1544	352	1224	984
664	600	736	952	672	712	1592	232	1728
			736		480	200	216	440
			240		136	784	840	336
			344		136	536		
					456			
V Belt								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1464	1488	1408	1480	2280	2792	352	920	928
736	728	672	760	672	1016	1240	360	344
						352		
						896		
Bearing								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3024	3064	2984	3024	2280	3048	2752	2368	2872
672	600	592	584	672	656	712	776	776
As								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2112	2144	2064	2120	2064	2136	1944	1728	2024
912	1520	1672	1672	880	1664	1520	1520	1720
6272								

Data pada Tabel 4.6 adalah waktu kerusakan (TTF) dari masing-masing jenis kerusakan komponen kritis dan jenis mesin conti. Mesin conti D1 dan C memiliki 4 jenis kerusakan komponen kritis. Mesin conti D2 tidak memiliki historis kerusakan komponen spindle as saja. Sedangkan mesin conti A tidak memiliki historis kerusakan komponen bearing dan spindle as.

8. Data Historis Kedatangan Gula

Data historis setiap jenis gula yang dihasilkan di stasiun masakan juga diambil dari masa giling yang sama dengan data kerusakan. Jumlah gula yang dihasilkan dari stasiun masakan adalah setiap 8 jam sekali pada akhir shift dan dalam satuan Ton. Berikut adalah data kedatangan gula A, C dan D.

Tabel 4.7 Rekap Data Historis Kedatangan Gula

Jam Ke	Jumlah Gula			Jam Ke	Jumlah Gula		
	D	C	A		D	C	A
16	142	424	1184	176	283	142	1660
24	142	318	1413	184	283	283	1837
32	142	142	1413	192	283	283	1766
40	142	142	1272	200	283	424	1766
48	283	424	936	208	142	283	1802
56	283	283	1802	216	283	283	1872
64	142	283	1925	224	283	283	1943
72	142	424	2049	232	142	142	1749
80	142	283	1907	240	283	283	1625
88	283	283	1907	248	283	283	1766
96	283	283	1872	256	283	283	1802
104	283	283	1590	264	283	142	1872
112	283	283	1907	272	142	283	1943
120	283	283	1872	280	142	142	1749
128	283	424	1872	288	142	283	1625
136	283	283	1837	296	283	283	1236
144	142	283	1890	304	142	142	901
152	283	283	1978	312	283	283	1837
160	283	283	1766	320	283	283	1749
168	283	283	1625	328	142	283	1678

Data pada Tabel 4.7 merupakan data historis kedatangan gula setiap 8 jam dari masa giling tahun 2017. Karena banyaknya data kedatangan gula, maka hanya ditampilkan 40 data kedatangan awal gula. Untuk gula D dan C, memiliki nilai yang tidak terlalu bervariasi, sehingga bisa dikelompokkan menjadi beberapa nilai saja.

9. Biaya Pemesanan dan Penyimpanan

Dalam melakukan pemesanan *sparepart* terdapat biaya yang harus dibayarkan, biaya ini meliputi biaya pembuatan dan pengiriman SP ke Direksi PT Kebon Agung di Surabaya, biaya telepon dan biaya pengiriman barang dari Surabaya ke Malang. Untuk sekali pemesanan biaya yang harus dikeluarkan adalah Rp 780,000.00 dan untuk biaya penyimpanan setiap unit *sparepart* sebesar Rp 50,000.00 per bulan.

4.2 Hasil Pengolahan

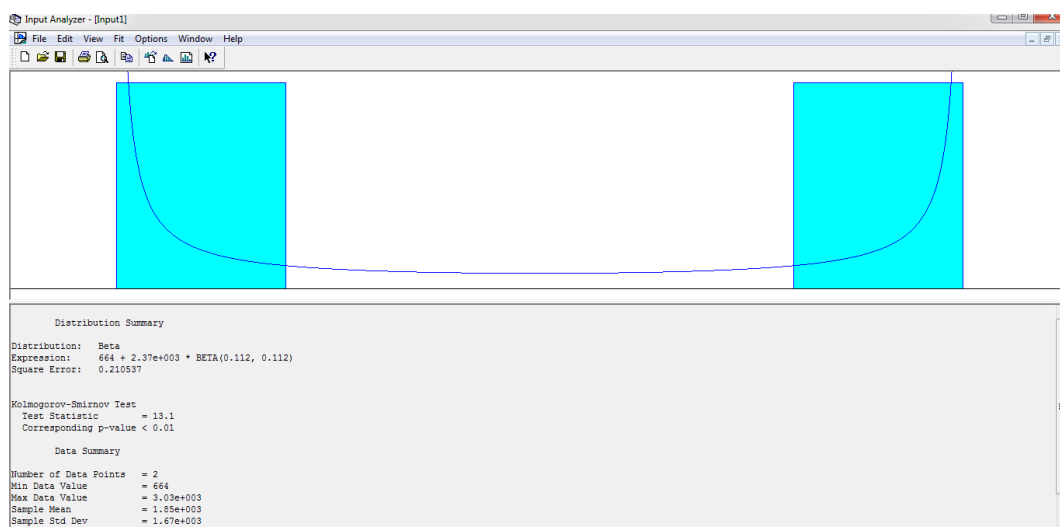
Dalam subbab ini akan ditampilkan hasil pengolahan data-data numerik yang didapatkan untuk dijadikan sebagai *input* dalam model simulasi.

Tabel 4.8 Rekap Hasil Pengolahan Data

N o	Data		Jenis Distribusi	Parameter		Satuan
1	Lead Time Pengiriman		Triangular	Min	Mode	Ma x
				336	720	144 0
2	Waktu Perbaikan		Triangular	Min	Mode	Ma x
		Saringan		7	8	10
		V Belt		5	6	8
		Bearing		36	40	48
		Spindle As		16	18	24
3	Kapasitas Mesin Conti		Uniform	a	b	
		D1 (1-8)		20	25	
		D1 (9)		15	20	
		D2		15	20	
		C		25	30	
		A		30	35	
4	Kedatangan Gula	D	Discrete	Pi	Vi	
				0.17	142	
				0.59	283	
				0.22	424	
				0.02	566	
		C	Discrete	Pi	Vi	
				0.42	142	
				0.42	283	
				0.10	424	
				0.05	566	
				0.01	707	
				0.01	848	
		A	Normal	Mea n	Varian ce	
				174 4	474	
						Ton

Pengolahan data numerik bertujuan untuk mencari distribusi data yang sesuai dengan data sebenarnya dengan melakukan *fitting distribution*. Data numerik yang diolah adalah *lead time* waktu pengiriman, waktu perbaikan (TTR), kapasitas mesin conti, kedatangan gula dan kerusakan mesin (TTF). Data numerik terkait *lead time* pengiriman, waktu perbaikan dan kapasitas mesin conti yang tidak memiliki historis diolah dengan menyesuaikan hasil *interview* dengan narasumber dan sifat alami jenis distribusi data. Seperti data waktu perbaikan (TTR), dipilih distribusi Triangular, karena tidak ada data historis hanya diketahui minimum, rata-rata dan maksimum waktu kedatangan *sparepart*.

Untuk data kedatangan gula D dan C digunakan jenis distribusi *discrete probability* karena hanya memiliki beberapa nilai (S) yang keluar sejumlah n kali. Sedangkan untuk gula A karena memiliki nilai beragam, maka digunakan *software* Input Analyzer untuk mencari jenis distribusi data. Jenis distribusi data yang dipilih adalah normal karena memiliki nilai *squire error* paling kecil.



Gambar 4.2 Fitting Distribusi Data Historis Kerusakan

Pada Gambar 4.2 ditampilkan contoh pengolahan data historis kerusakan saringan mesin conti D1 1 dengan menggunakan *software* Input Analyzer untuk mencari nilai parameter. Jenis distribusi kerusakan saringan mesin conti D1 1 yang dipilih adalah Weibull karena lebih menggambarkan jenis distribusi data kerusakan (Siswanto et al., 2017), meskipun distribusi yang teratas adalah Beta, begitu juga

dengan data kerusakan komponen lain. Berikut adalah hasil pengolahan data kerusakan komponen kritis mesin conti.

Alasan penggunaan *software* Weibull++ adalah karena sekaligus untuk menghitung *mean life* dari masing-masing komponen. Data tersebut akan digunakan dalam penjadwalan perbaikan mesin conti dalam skenario perbaikan di penelitian ini.

Tabel 4.9 Rekap Distribusi Data Kerusakan Mesin Conti

Conti	No	Saringan	Vbelt	Bearing	As
D1	1	664 + WEIB(58, 0.163)	736 + WEIB(24, 0.178)	672 + WEIB(57.7, 0.164)	912 + WEIB(440, 0.212)
	2	600 + WEIB(59.8, 0.163)	728 + WEIB(24.8, 0.177)	600 + WEIB(59.8, 0.163)	1.52e+003 + WEIB(21.4, 0.18)
	3	736 + WEIB(56.1, 0.164)	672 + WEIB(24.2, 0.178)	592 + WEIB(58.5, 0.163)	1.67e+003 + WEIB(15.1, 0.186)
	4	240 + WEIB(255, 0.361)	760 + WEIB(23.8, 0.178)	584 + WEIB(59.4, 0.163)	1.67e+003 + WEIB(16.7, 0.184)
	5	672 + WEIB(42.8, 0.168)	672 + WEIB(43.5, 0.168)	672 + WEIB(43.5, 0.168)	880 + WEIB(34.6, 0.172)
	6	136 + WEIB(113, 0.237)	1.02e+003 + WEIB(46.8, 0.167)	656 + WEIB(58.5, 0.163)	1.66e+003 + WEIB(17.4, 0.184)
	7	200 + WEIB(273, 0.357)	352 + WEIB(23.3, 0.178)	712 + WEIB(51.9, 0.165)	1.52e+003 + WEIB(16, 0.185)
	8	216 + WEIB(117, 0.272)	360 + WEIB(19.8, 0.181)	776 + WEIB(43.1, 0.168)	1.52e+003 + WEIB(9.43, 0.196)
	9	336 + WEIB(202, 0.288)	344 + WEIB(20.4, 0.181)	776 + WEIB(53, 0.165)	1.72e+003 + WEIB(12.5, 0.19)
D2	1	168 + WEIB(182, 0.552)	352 + WEIB(209, 0.364)	3.19e+003 + WEIB(43.5, 0.168)	-
	2	144 + WEIB(354, 0.45)	144 + WEIB(244, 0.226)	3.18e+003 + WEIB(43.6, 0.168)	-
	3	160 + WEIB(122, 0.502)	312 + WEIB(124, 0.272)	2.96e+003 + WEIB(48.1, 0.166)	-
	4	1.41e+003 + WEIB(26.6, 0.176)	288 + WEIB(109, 0.256)	3.06e+003 + WEIB(46.2, 0.167)	-
	5	400 + WEIB(211, 0.299)	1.09e+003 + WEIB(39.9, 0.169)	3.03e+003 + WEIB(46.7, 0.167)	-
C	1	224 + WEIB(146, 0.402)	360 + WEIB(175, 0.312)	1.04e+003 + WEIB(8.32, 0.199)	1.01e+003 + WEIB(31.6, 0.173)
	2	152 + WEIB(174, 0.49)	240 + WEIB(6.56, 0.204)	632 + WEIB(47.4, 0.167)	896 + WEIB(35.8, 0.171)
	3	240 + WEIB(167, 0.46)	72 + WEIB(272, 0.458)	544 + WEIB(51.6, 0.165)	920 + WEIB(45.4, 0.167)
	4	112 + WEIB(243, 0.516)	120 + WEIB(175, 0.399)	608 + WEIB(57, 0.164)	928 + WEIB(44.7, 0.167)
A	1	304 + WEIB(93.2, 0.292)	1.02e+003 + WEIB(44.1, 0.168)	-	-
	2	216 + WEIB(76.7, 0.247)	344 + WEIB(25.6, 0.177)	-	-
	3	1.17e+003 + WEIB(8.04, 0.199)	736 + WEIB(19.1, 0.182)	-	-
	4	344 + WEIB(73.4, 0.16)	760 + WEIB(18.9, 0.182)	-	-

Conti	No	Saringan	Vbelt	Bearing	As
	5	1.43e+003 + WEIB(52.1, 0.165)	1.42e+003 + WEIB(29.9, 0.174)	-	-
	6	1.44e+003 + WEIB(48.2, 0.166)	592 + WEIB(27.7, 0.175)	-	-
	7	1.44e+003 + WEIB(47.1, 0.167)	1.17e+003 + WEIB(36, 0.171)	-	-

BAB 5

PEMODELAN SISTEM

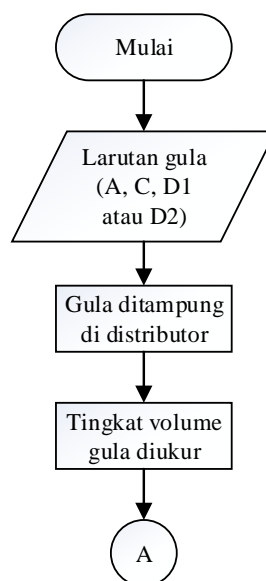
Dalam bab ini akan dijelaskan proses pembuatan model simulasi dalam *software* ARENA didahului dengan pembuatan model konseptual. Model yang dibuat dibagi menjadi 4 submodel yakni, submodel proses kedatangan gula, submodel proses di mesin conti, submodel perbaikan *part* mesin dan submodel inventori *sparepart*.

5.1 Model Konseptual

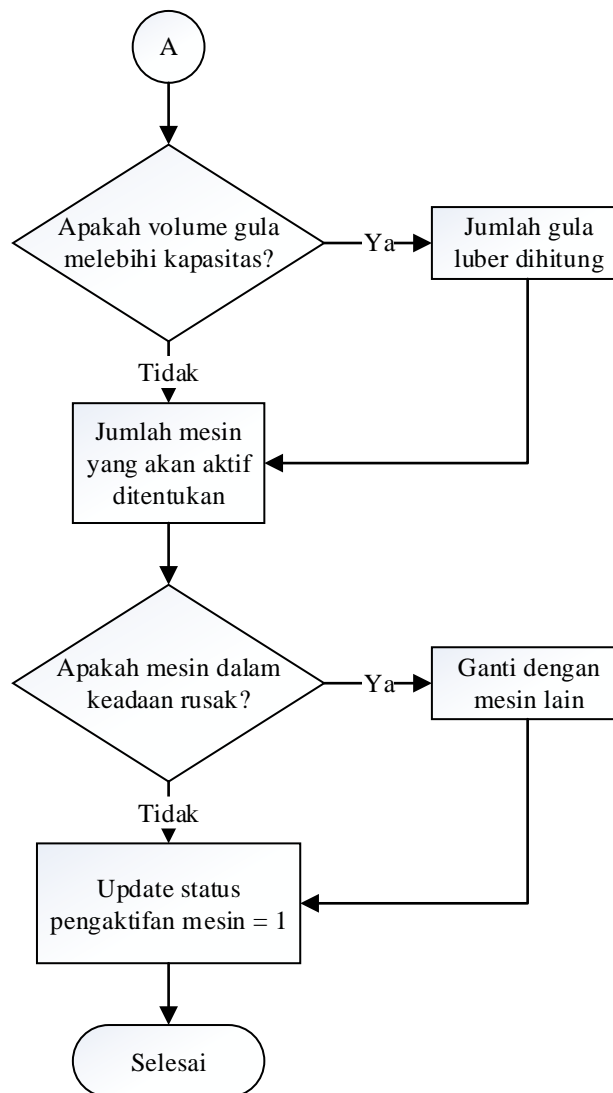
Di dalam subbab ini akan ditampilkan model konseptual dari masing-masing submodel dalam bentuk *flow diagram*.

5.1.1 Submodel Proses Kedatangan Gula

Dalam submodel ini dijelaskan bagaimana proses kedatangan gula yang masih bercampur dengan larutan dari stasiun masakan menuju stasiun puteran. Dari stasiun masakan terdapat 3 jenis gula yang datang, yakni gula A, gula C dan gula D1. Sedangkan untuk gula D2 merupakan hasil dari proses pemutaran gula D1 di mesin conti D1. Selain itu dalam submodel ini juga terdapat penentuan jumlah mesin conti yang akan dioperasikan disesuaikan dengan jumlah gula yang datang setiap 8 jam sekali. Berikut adalah *flow diagram* submodel proses kedatangan gula.



Gambar 5.1 *Flow Diagram* Submodel Proses Kedatangan Gula



Gambar 5.2 *Flow Diagram* Submodel Proses Kedatangan Gula (Lanjutan)

Berikut adalah penjelasan mengenai Gambar 5.1 terkait model konseptual untuk submodel proses kedatangan gula.

1. *Input* larutan gula A, C, D1 dan D2

Submodel proses kedatangan gula diawali dengan datangnya larutan gula A, C dan D1 datang dari stasiun masakan setiap 8 jam, sedangkan gula D2 yang merupakan hasil proses dari mesin conti D1.

2. Gula ditampung di distributor

Gula yang datang akan ditampung di distributor sebelum diproses di mesin conti. Masing-masing jenis gula ditampung di distributor sesuai dengan jenisnya.

3. Pengukuran tingkat volume gula

Selanjutnya gula yang telah ditampung di distributor diukur tingkat volume gula yang ada untuk menentukan level gula. Terdapat 3 level volume gula di distributor yang akan digunakan untuk menentukan jumlah mesin conti yang akan beroperasi.

4. Evaluasi jumlah gula di distributor

Evaluasi jumlah gula yang ditampung di distributor dilakukan untuk memastikan apakah volume gula melebihi kapasitas distributor atau tidak. Jika melebihi kapasitas distributor akan terjadi luberan gula.

5. Penghitungan jumlah gula luber

Jika terjadi luberan maka akan dihitung berapa banyak jumlah gula yang luber. Jumlah gula yang luber nantinya akan dihitung sebagai *opportunity cost* karena seharusnya gula yang luber bisa dijual.

6. Penentuan jumlah mesin yang akan diaktifkan

Setelah dilakukan pengukuran dan evaluasi jumlah gula di distributor, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah mesin yang akan dioperasikan yang disesuaikan dengan level gula di distributor.

7. Evaluasi keadaan mesin

Setelah didapatkan jumlah mesin yang perlu diaktifkan, selanjutnya mengevaluasi keadaan mesin yang akan diaktifkan. Jika mesin-mesin tersebut dalam keadaan baik maka akan langsung diaktifkan untuk memproses larutan gula.

8. Penggantian mesin yang akan dioperasikan

Jika mesin yang akan diaktifkan dalam kondisi rusak atau sedang diperbaiki maka dilakukan penggantian mesin yang akan diaktifkan sesuai dengan jumlah mesin yang dibutuhkan.

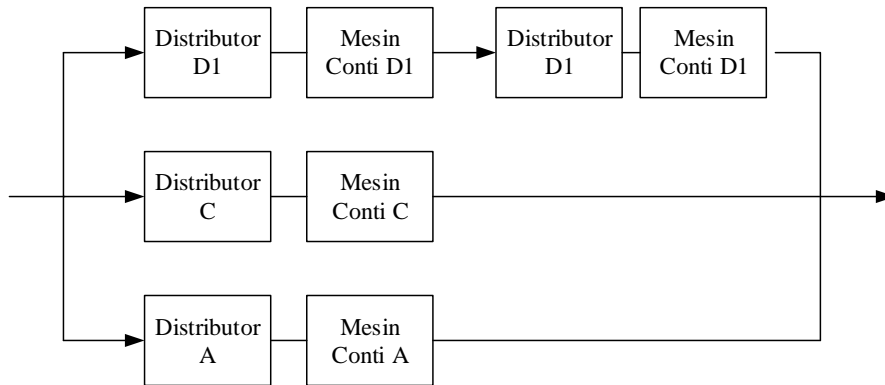
9. *Update* status pengaktifan mesin

Mesin yang akan diaktifkan akan *diupdate* statusnya menjadi 1, yang menandakan bahwa mesin akan aktif untuk memproses gula.

5.1.2 Submodel Proses di Mesin Conti

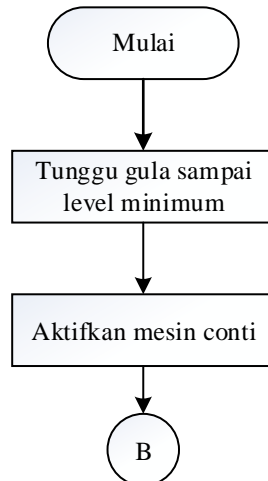
Submodel proses di mesin conti mendeskripsikan tentang proses pemutaran larutan gula di mesin conti sesuai dengan jenis gula. Larutan gula yang akan

diproses diambil dari distributor gula yang berada di atas mesin. Sistem kerja mesin conti A, C dan D1 adalah secara paralel sedangkan antara mesin conti D1 dan D2 adalah seri seperti pada Gambar 5.3. Hasil pemisahan larutan gula D1 di mesin conti D1 adalah *molasses* dan Gula D2. *Molasses* akan langsung dialirkan menuju tangki *molasses* sedangkan Gula D2 akan diproses lagi di mesin conti D2.

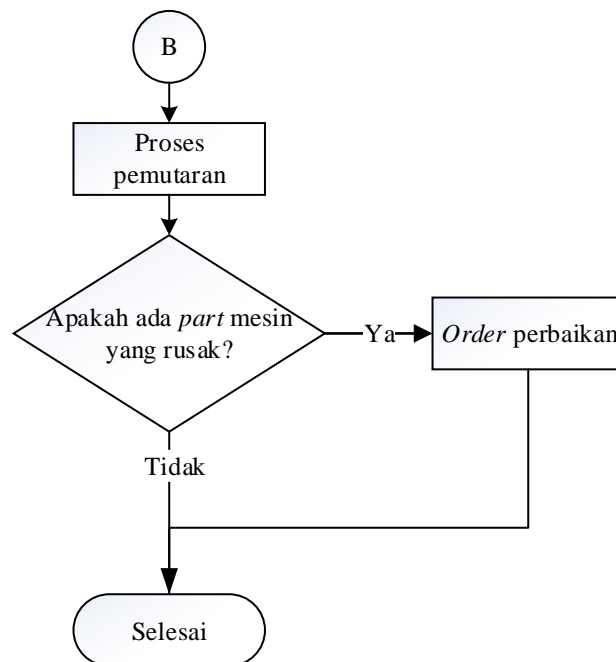


Gambar 5.3 Sistem Kerja Mesin Conti A, C, D1 dan D2

Mesin conti yang beroperasi tidak hanya 1 unit saja, mesin conti D1 terdapat 9 unit mesin. Mesin conti C memiliki 4 unit saja. Mesin conti A terdapat 7 unit. Dan mesin conti D1 memiliki 5 unit mesin. Berikut adalah model konseptual submodel proses di mesin conti.



Gambar 5.4 Flow Diagram Submodel Proses di Mesin Conti



Gambar 5.5 *Flow Diagram* Submodel Proses di Mesin Conti (Lanjutan)

Berikut adalah penjelasan dari model konseptual submodel proses di mesin conti.

1. Menunggu gula sampai level minimum

Dalam submodel ini, sebelum mesin conti diaktifkan terlebih dahulu dipastikan bahwa larutan gula di distributor yang akan diproses berada pada level minimum. Tujuan dari menunggu larutan gula berada dalam level minimum adalah agar mesin conti yang sudah aktif tidak kehabisan larutan gula yang akan diproses selama 8 jam ke depan.

2. Aktifkan mesin conti

Setelah dipastikan larutan gula yang akan diproses berada dalam level minimum, selanjutnya diaktifkan mesin conti yang telah ditentukan pada submodel proses kedatangan gula.

3. Proses pemutaran gula

Waktu proses pemutaran gula di dalam mesin conti adalah konstan selama 1 jam, namun kapasitasnya berdistribusi dalam satuan ton/jam. Hal ini karena pada sistem nyata prosesnya berjalan secara kontinu, dalam penelitian ini didiskritkan untuk memudahkan pembuatan model.

4. Evaluasi keadaan mesin yang aktif

Evaluasi keadaan mesin dilakukan untuk mengetahui adanya kerusakan atau tidak pada mesin yang sedang aktif. Kerusakan yang dievaluasi mencakup 4 komponen kritis. Tiga dari empat komponen kritis tidak memengaruhi *output* yang dihasilkan, yakni v belt, bearing dan spindle as. Untuk saringan, hanya saringan D1 yang dicatat pengaruhnya, karena jika saringan D1 rusak/aus maka akan meloloskan kristal gula menuju tangki *molasses*.

Mesin conti yang mengalami kerusakan saringan tidak secara langsung dihentikan, karena dalam sistem nyata kerusakan saringan diketahui melalui hasil uji laboratorium terhadap HK *molasses* setiap akhir shift (8 jam).

5. Order Perbaikan

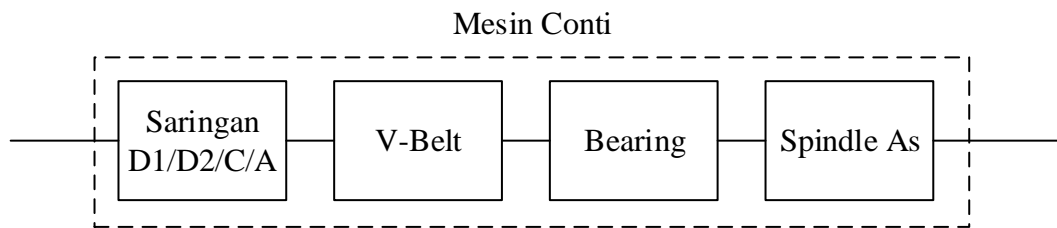
Order perbaikan mesin dilakukan ketika hasil evaluasi menunjukkan bahwa ada kerusakan komponen pada mesin conti. Order perbaikan ini selanjutnya akan diproses di submodel perbaikan komponen.

5.1.3 Submodel Perbaikan *Part* Mesin

Submodel ini mendeskripsikan perbaikan kerusakan komponen kritis yang ada di mesin conti. Perbaikan yang dilakukan adalah dengan mengganti komponen kritis yang rusak dengan yang baru, karena komponen kritis mesin conti termasuk dalam kategori *unrepairable component*. Komponen-komponen kritis mesin conti adalah saringan, v belt, bearing dan spindle as. Untuk komponen saringan setiap jenis mesin conti memiliki ukuran yang berbeda, karena menyesuaikan dengan jenis gula yang diproses. Komponen kritis lain bisa digunakan di semua jenis mesin conti.

5.1.3.1 RBD *Komponen Kritis Mesin Conti*

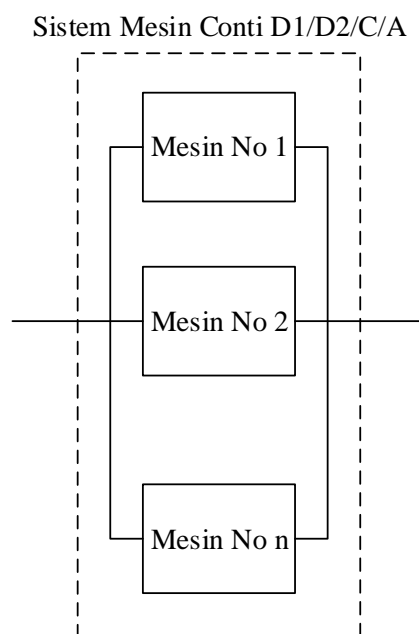
Komponen kritis yang terdapat dalam mesin conti ada 4, yakni saringan, v-belt, bearing dan spindle as. Keempat komponen tersebut tersusun secara seri, dimana jika salah satu komponen mengalami kerusakan, maka mesin conti akan dimatikan. Berikut adalah RBD dari mesin conti yang terdiri dari 4 komponen kritis.



Gambar 5.6 RBD Mesin Conti

Namun sesuai dengan yang telah dijelaskan pada Bab 4, yang memiliki riwayat kerusakan 4 komponen kritis tersebut adalah mesin conti D1 dan C saja. Sedangkan mesin conti D2 tidak memiliki riwayat kerusakan *spindle as* dan mesin conti A tidak memiliki riwayat kerusakan *spindle as* dan *bearing*.

Mesin conti D1 yang berjumlah 9 mesin tersusun secara paralel, begitu juga dengan mesin conti D2, mesin conti C dan mesin Conti A yang masing-masing berjumlah 5, 4 dan 7. Berikut adalah rangkaian RBD antar mesin conti.

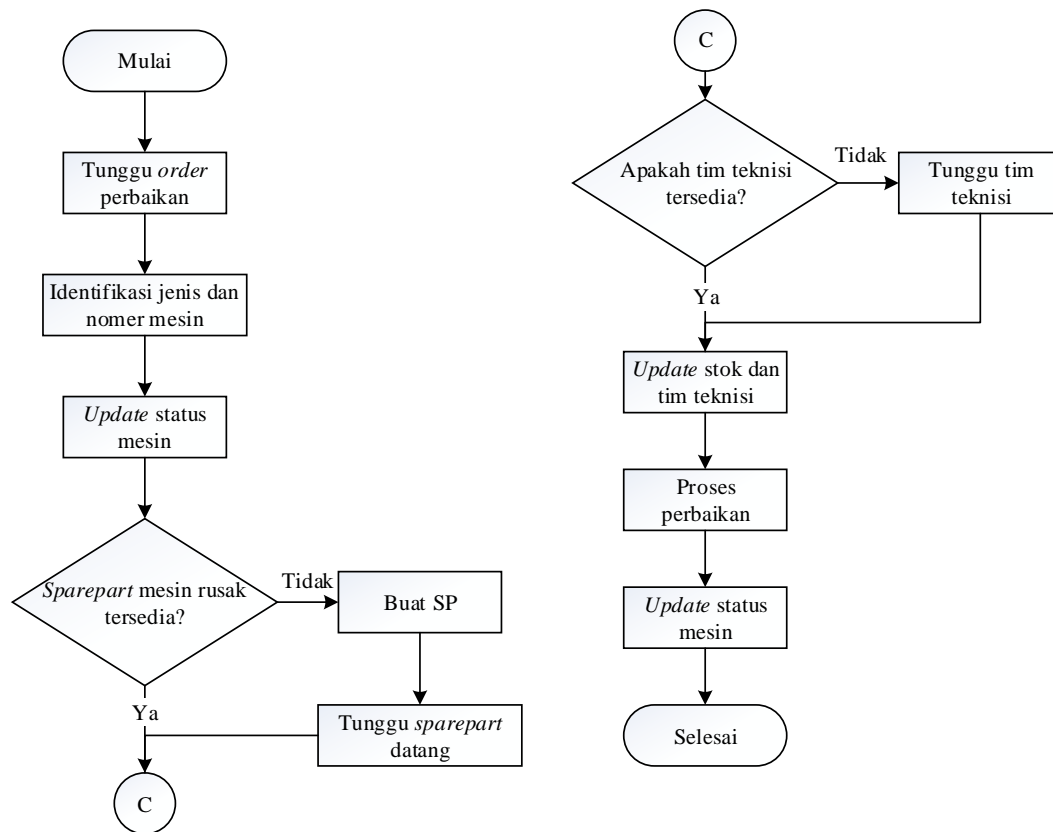


Gambar 5.7 RBD Sistem Mesin Conti

Dalam stasiun puteran yang terdiri dari sistem mesin conti D1, mesin conti D2, mesin conti C dan mesin conti A tersusun secara paralel seperti pada Gambar 5.3 pada Subbab 5.1.1.

5.1.3.2 Model Konseptual Perbaikan Part Mesin

Pada kondisi eksiting, kegiatan perbaikan mesin dilakukan hanya ketika ada order perbaikan. Berikut adalah model konseptual dari submodel perbaikan *part* mesin.



Gambar 5.8 Flow Diagram Perbaikan Part Mesin

Berikut adalah penjelasan model konseptual dari submodel perbaikan *part* mesin.

1. Tunggu order perbaikan

Submodel ini *ditrigger* oleh adanya order perbaikan dari mesin conti yang mengalami kerusakan pada submodel proses di mesin conti. Jenis kerusakan yang dimodelkan untuk mesin conti D1 dan C adalah semua komponen kritisnya, yakni saringan, v belt, bearing dan as. Untuk mesin conti D2 tidak memodelkan kerusakan as saja. Sedangkan untuk mesin conti A hanya saringan dan v belt.

2. Identifikasi jenis dan nomer mesin

Selanjutnya dari order perbaikan ditentukan jenis *part* dan nomer mesin yang rusak.

3. *Update* status mesin

Setelah diidentifikasi jenis *part* yang rusak, selanjutnya mesin tersebut akan di*update* statusnya menjadi 2, yang menandakan bahwa mesin tersebut rusak.

4. Pengecekan ketersediaan *sparepart*

Setelah itu dilakukan pengecekan *sparepart* komponen kritis yang mengalami kerusakan.

5. Pembuatan SP

Jika *sparepart* yang dibutuhkan tidak tersedia, stok = 0, atau sudah mencapai *reorder point*, maka akan dilakukan pembuatan SP (Surat Permintaan).

6. Menunggu *sparepart* datang

Setelah SP selesai diajukan kepada pihak manajemen gudang, selanjutnya tinggal menunggu konfirmasi kedatangan *sparepart* yang dibutuhkan datang.

7. Pengecekan ketersediaan tim teknisi

Jika *sparepart* yang dibutuhkan tersedia atau sudah datang, maka selanjutnya mengecek tim teknisi yang bertugas untuk membongkar dan memperbaiki mesin tersedia.

8. Menunggu tim teknisi

Ketika tim teknisi tidak tersedia, artinya sedang memperbaiki mesin lain maka mesin yang rusak tersebut harus menunggu giliran untuk diperbaiki oleh tim teknisi.

9. *Update* stok dan tim teknisi

Jika tim teknisi dan *sparepart* yang dibutuhkan sudah ada, maka dilakukan *update* status tim teknisi dan stok *sparepart*. Dalam langkah ini baik tim teknisi yang berjumlah 3 dan banyaknya stok *sparepart* dikurangi. Setelah proses perbaikan selesai, status tim teknisi juga akan di*update* kembali.

10. Proses perbaikan

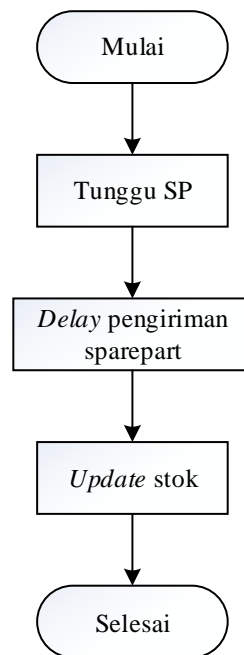
Proses perbaikan dilakukan oleh tim teknisi dengan waktu yang berbeda sesuai dengan jenis kerusakannya. Waktu perbaikan tersebut sudah termasuk bongkar mesin dan *set up* mesin ketika sudah selesai diperbaiki.

11. *Update* status mesin

Setelah mesin yang mengalami kerusakan selesai diperbaiki maka status mesin tersebut akan diubah menjadi 0, yang artinya mesin dalam keadaan *stand by / idle*.

5.1.4 Submodel Inventori *Sparepart*

Dalam submodel ini akan ditampilkan proses pemesanan *sparepart* yang dibutuhkan untuk perbaikan.



Gambar 5.9 *Flow Diagram* Submodel Inventori *Sparepart*

Berikut adalah penjelasan terkait model konseptual submodel inventori *sparepart*.

1. Tunggu SP

Submodel ini *ditrigger* oleh adanya SP dari stasiun puteran, yang dijelaskan dalam submodel perbaikan *part* mesin. SP akan langsung diproses dengan mendatangkan *sparepart* yang dibutuhkan.

2. *Delay* pengiriman *sparepart*

Setelah SP diproses, maka tinggal menunggu *sparepart* yang dipesan datang.

3. *Update* stok

Selanjutnya jika *sparepart* yang dipesan sudah datang, dilakukan *update* stok *sparepart* yang dipesan sebanyak jumlah yang dipesan. Selain itu juga dilakukan konfirmasi kepada stasiun masakan bahwa *sparepart* sudah datang dan bisa digunakan untuk memperbaiki mesin.

5.2 Verifikasi

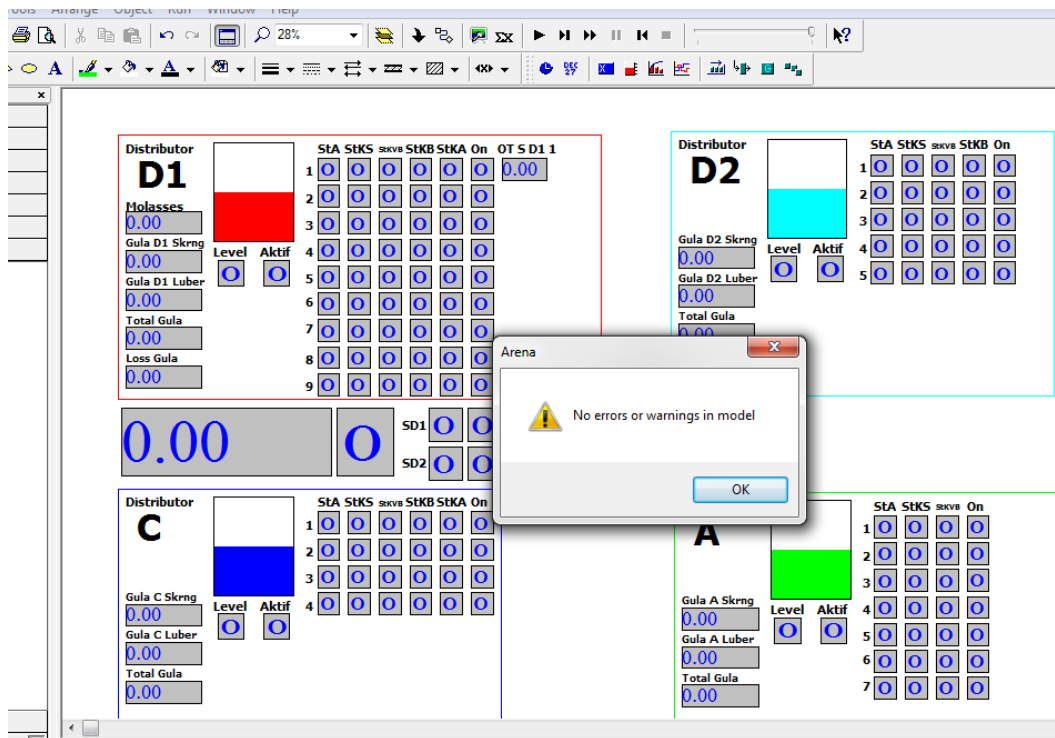
Langkah penting untuk memastikan bahwa model yang dibuat telah merepresentasikan sistem nyata adalah dengan melakukan verifikasi. Verifikasi bertujuan untuk memastikan logika (*computer codes*) yang telah dibuat di dalam model (ARENA) tidak ada *error* atau kesalahan dengan menjalankan simulasinya.

5.2.1 Verifikasi Syntax Error

Kesalahan yang terjadi dalam model bisa disebabkan karena kesalahan penulisan (*syntax error*) atau kesalahan pemodelan logika (*semantic error*). Pengecekan *syntax error* dalam ARENA dapat menggunakan fitur *checking error* dengan menekan tombol F4. Jika penulisan model sudah benar maka akan muncul notifikasi bahwa model sudah benar seperti ditunjukkan pada Gambar 5.10.

Kesalahan yang biasa terjadi pada *sytax error* adalah terkait penamaan modul yang ada di ARENA, penamaan modul satu dengan yang lain tidak boleh sama. Selain itu kesalahan lain adalah *expression* berupa *variable*, *attribute* atau yang lain yang belum terdaftar.

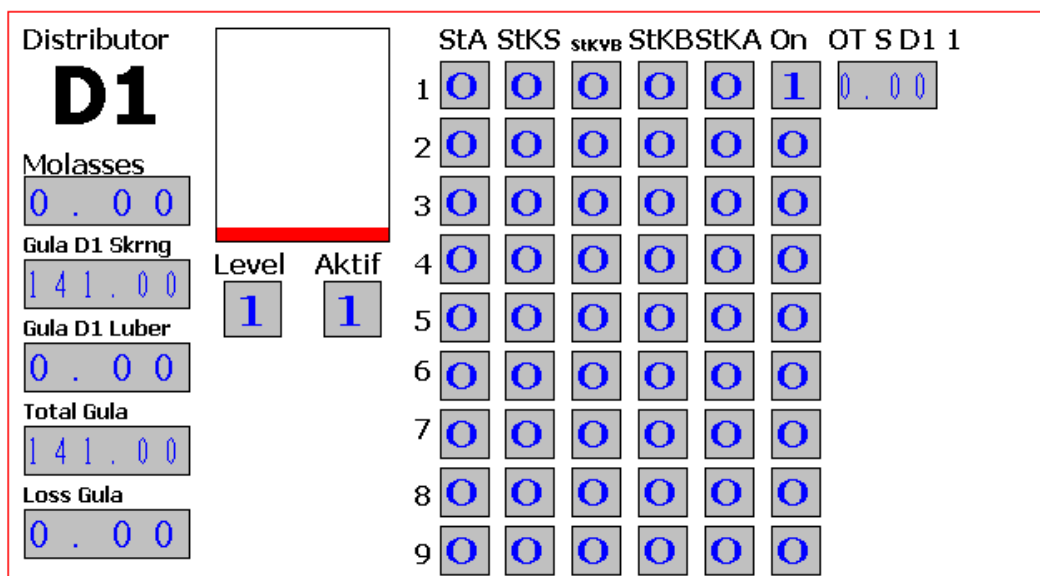
Antara modul satu dengan yang lain juga harus terkoneksi dua arah, kecuali modul yang tidak memiliki *entry point* atau *exit point*. Seperti modul *Create* yang tidak memiliki *entry point*, karena modul ini yang berfungsi untuk membuat atau mendatangkan *entity*. Sedangkan modul *Dispose* tidak memiliki *exit point*, karena modul ini berfungsi untuk menghilangkan *entity* atau akhir dari *entity*. Selain itu ada beberapa modul pada *project bar advanced transfer* yang memang tidak memiliki *entry point* atau *exit point* karena di dalam modul tersebut ada pengaturan untuk mengambil *entity* atau mengirim *entity* sesuai tujuan tanpa terkoneksi secara langsung, seperti *Route*, *Station* dan *PickStation*.



Gambar 5.10 Verifikasi Syntax Error dalam ARENA

5.2.2 Verifikasi Semantic Error

Sedangkan untuk melakukan verifikasi terhadap *semantic error* harus menjalankan model simulasi dan melihat hasil dari *running test* tersebut. Berikut adalah contoh verifikasi terkait logika model ARENA model sistem eksisting stasiun puteran.



Gambar 5.11 Verifikasi Penentuan Jumlah Mesin Conti D1

Pada Gambar 5.11 ditunjukkan animasi dalam bentuk *variable* untuk menunjukkan status maupun respon dari berjalannya produksi larutan gula D1 di mesin conti D1. Pada *variable* status dari “Gula D1 Skrng” ditampilkan angka 141, yang berarti ada gula D1 sebanyak 141 Ton dalam distributor D1. Sesuai dengan penentuan level gula di distributor D1, jumlah gula sebesar 141 Ton termasuk dalam level 1. Level distributor ditunjukkan pada *variable* status “Level”, yang menunjukkan angka 1. Kemudian di dalam model ditentukan jika distributor berada dalam level 1, maka jumlah mesin yang diaktifkan hanya 1 unit, *variable* respon ini ditunjukkan pada *variable* “Aktif”. Dalam *variable* status “On” ditampilkan angka 1 pada baris pertama, yang berarti mesin conti D1 1 aktif. Sedangkan pada *variable* status pada baris 2 sampai dengan 9 ditampilkan angka 0, yang berarti mesin conti D1 2 sampai D1 9 tidak aktif.

Selain menggunakan animasi, verifikasi *semantic error* juga dapat menggunakan modul ReadWrite yang ada di ARENA. Modul ini dapat menuliskan *expression* yang ingin kita lihat ke dalam *workbook excel*. Berikut adalah contoh verifikasi dengan menggunakan modul ReadWrite dalam penelitian ini.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	P	U	Z	AE	AJ	AO	AT	AU
Jam Ke	StK S D1 1	StK VB D1 1	StK B D1 1	StK A D1 1	St CD1	StK S D1 2	StK VB D1 2	StK B D1 2	StK A D1 2	St CD1 2	St CD3	St CD4	St CD5	St CD6	St CD7	St CD8	St CD9	St Sistem D1
312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
313	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
314	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
315	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
316	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
317	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
318	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
319	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
321	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
322	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
323	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
324	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
325	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
326	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
327	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
328	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
329	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
332	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Gambar 5.12 Verifikasi Status Sistem Mesin Conti D1

Pada Gambar 5.12 ditampilkan status dari masing-masing komponen mesin conti D1, yakni status kerusakan saringan (StK S), status kerusakan v-belt (StK VB), status kerusakan bearing (StK B) dan status kerusakan spindle as (StK A). Jika komponen mengalami kerusakan maka akan ditampilkan angka 1. Pada

gambar tersebut, StK VB D1 2 pada jam ke 314 sampai 318 menampilkan angka 1. Artinya v-belt mesin conti D1 nomer 2 mengalami kerusakan v-belt. Karena 4 komponen kritis yang ada di mesin conti tersebut tersusun secara seri, maka status mesin conti D1 nomer 2 (St CD1 2) menampilkan angka 1, yang menandakan bahwa mesin tersebut *breakdown*.

Mesin conti D1 nomer 1 sampai dengan nomer 9 tersusun secara paralel, sehingga ketika hanya ada 1 mesin saja yang *breakdown* (St CD1 2 saja), maka status sistem conti D1 secara keseluruhan (St Sistem CD1) tetap *available* dan dinotasikan dengan angka 1.

5.3 Penentuan Replikasi

Model simulasi memiliki sifat acak, yakni *random input random output* (RIRO), sehingga perlu dilakukan replikasi untuk mampu merepresentasikan sistem nyata.

Dalam penelitian ini parameter yang digunakan untuk menghitung jumlah replikasi yang diperlukan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan dari mesin conti D1. Penggunaan parameter ini dianggap cukup merepresentasikan sistem karena jumlah *molasses* yang dihasilkan bergantung pada proses mesin conti, kerusakan dan perbaikan mesin conti serta manajemen inventori yang berpengaruh secara tidak langsung. Hipotesis awal penulis adalah dengan melakukan replikasi sebanyak 5 kali. Berikut adalah hasil parameter jumlah *molasses* selama 5 replikasi.

Tabel 5.1 Perbandingan Parameter Jumlah *Molasses*

Replikasi	<i>Molasses</i>	Eksisting
1	7685.58	7762.66
2	7709.65	
3	7831.21	
4	7873.13	
5	7775.70	
Rata-Rata	7775.05	7762.66
St Dev	79.15	0

Setelah didapatkan nilai standar deviasi dari parameter jumlah *molasses* hasil simulasi, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *absolute error* sebesar 5% dari data historis.

$$h_w = 0.05(7762.66)$$

$$h_w = 388.13$$

Dibandingkan dengan nilai *half-width* dari hasil simulasi, yakni 98.26, maka dapat dikatakan bahwa 5 replikasi sudah mencukupi karena nilai *hw* simulasi lebih kecil daripada nilai *absolute error* sebesar 5%. Untuk mengetahui jumlah replikasi yang dibutuhkan dalam melakukan simulasi dilakukan perhitungan n' dengan rumus berikut.

$$n' = \left[\frac{Z_{\alpha/2} \times S}{h_w} \right]^2$$

$$n' = \left[\frac{1.96 \times 79.15}{388.13} \right]^2$$

$$n' = 2.49 \approx 3$$

Jumlah replikasi yang dibutuhkan adalah sebanyak 3 kali, namun penulis tetap menggunakan jumlah replikasi sebanyak 5 kali agar data hasil simulasi lebih mempresentasikan kondisi eksisting.

5.4 Validasi

Uji validasi digunakan untuk memastikan bahwa model simulasi tidak jauh berbeda dengan sistem nyata. Pada penelitian ini digunakan metode *t-test* karena *sample* bersifat independen. Jenis *t-test* yang digunakan adalah *Two-Sample Assuming Equal Variance* karena data yang diambil dari *sample* yang berbeda, yakni dari hasil simulasi dan kondisi eksisting.

Hipotesis awal atau *null hypothesis* yang digunakan adalah tidak adanya perbedaan yang signifikan antara rata-rata populasi hasil simulasi (μ_1) dan kondisi eksisting (μ_2).

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Dengan α sebesar 0.05 dan df sebanyak 8, maka didapatkan nilai $t_{(\alpha, df)}$ 2.306. Penulis menggunakan bantuan *software* Microsoft Excel dengan fitur *data analysis* untuk menguji hipotesis tersebut. Data yang digunakan adalah jumlah *molasses* dari hasil simulasi dengan kondisi eksisting. Berikut adalah hasil uji hipotesis *t-test: two-sample assuming equal variance*.

Tabel 5.2 Hasil *t-test* Rata-Rata Populasi Simulasi dan Eksisting

	Simulasi	Eksisting
<i>Mean</i>	7775.054	7762.662
<i>Variance</i>	6264.024	0
<i>Observations</i>	5	5
<i>Pooled Variance</i>	3132.012	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>Df</i>	8	
<i>t Stat</i>	0.350	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	0.368	
<i>t Critical one-tail</i>	1.860	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	0.735	
<i>t Critical two-tail</i>	2.306	

Dari tabel 5.2 dapat diketahui nilai *t-stat* atau *t* hitung sebesar 0.35 berada diantara nilai batas atas dan bawah *t* tabel yakni 2.306 dan -2.306. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil simulasi dengan eksisting, yakni terima H_0 . Selain itu, *p-value* sebesar 0.368 lebih besar dari nilai derajat *error* sebesar 0.05.

BAB 6

EKSPERIMEN DAN HASIL

Dalam bab ini akan dijelaskan analisis dari hasil performansi kondisi eksisting di stasiun puteran dan hasil eksperimen dari skenario-skenario perbaikan.

6.1 Kondisi Eksisting

Pabrik gula merupakan industri proses yang bekerja selama 24 jam setiap hari selama 6 bulan, oleh karena itu availabilitas sistem sangat memengaruhi *output* produksi. Adapun faktor yang memengaruhi availabilitas sistem adalah kebijakan perbaikan mesin dan inventori *sparepart*. Dalam penelitian ini, objek yang diteliti adalah stasiun puteran yang memiliki 4 subsistem, yakni mesin conti D1 yang memproses gula D1 dan menghasilkan hasil sampingan berupa *molasses*, mesin conti D2 yang memproses gula D2, mesin conti C yang memproses gula C dan mesin conti A yang memproses gula A. Sistem mesin conti D1, C dan A bekerja secara paralel. Sedangkan mesin conti D2 bekerja secara seri dengan mesin conti D1 karena hasil *output* utama dari proses gula D1 akan diproses di mesin conti D2. Masing-masing jenis mesin conti memiliki beberapa unit mesin yang bekerja secara paralel juga.

Berikut adalah hasil performansi sistem eksisting yang diukur dengan parameter availabilitas sistem dalam 5 kali replikasi.

Tabel 6.1 Availabilitas Sistem Setiap Mesin Conti

Replikasi	Sistem				
	Conti A	Conti C	Conti D1	Conti D2	Conti D1-D2
1	0.93	0.61	1.00	0.73	0.73
2	0.95	0.70	1.00	0.76	0.76
3	1.00	0.73	1.00	0.98	0.98
4	0.89	0.73	1.00	0.84	0.84
5	0.95	0.66	1.00	0.85	0.85
Mean	0.95	0.69	1.00	0.83	0.83

Berdasarkan hasil pada Tabel 6.1 dapat diketahui bahwa availabilitas terendah ada pada sistem mesin conti C yang memiliki nilai rata-rata availabilitas 0.69. Nilai availabilitas mesin conti C yang rendah dipengaruhi waktu total

perbaikan mesin yang lama. Dimana waktu total perbaikan mesin meliputi waktu tunggu *sparepart* yang dibutuhkan tersedia, waktu tunggu tim teknisi tersedia dan waktu perbaikan *sparepart* itu sendiri.

Selain availabilitas, parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah untuk mengurangi jumlah *losses* gula, baik karena meluber atau karena kerusakan saringan conti D1, sehingga kristal gula D1 tidak tersaring dan ikut terbawa ke tangki *molasses*. Berikut adalah data jumlah gula yang *losses*.

Tabel 6.2 Jumlah Gula *Losses* (Ton)

Replikasi	Luber				Tak Tersaring
	Gula A	Gula C	Gula D1	Gula D2	Kristal D1
1	0	52494.88	1794.78	39871.78	18.74
2	0	39092.12	0.00	43838.23	18.89
3	0	33508.07	0.00	20712.16	20.45
4	0	34700.10	0.00	35377.46	12.59
5	0	42335.63	0.00	31132.44	21.92
Mean	0	40426.16	358.96	34186.41	18.52

Rata-rata jumlah gula luber pada sistem mesin conti C sebanyak 40,426.16 Ton. Sedangkan gula D2 dan D1 masing-masing sebesar 34,186.41 dan 358.96 Ton. Dan untuk sistem mesin conti A tidak ada gula luber. Untuk kristal gula yang tidak tersaring akibat kerusakan saringan conti D1 sebesar 18.52 Ton. Tidak adanya gula luber pada sistem conti A karena availabilitas mesin conti A tinggi, selain itu jumlah mesin conti A juga cukup banyak, yakni 7 unit. Sedangkan sistem conti D1 dan D2 yang memiliki availabilitas tinggi namun masih ada gula yang *losses*.

Kristal gula D1 yang tidak tersaring adalah konsekuensi dari penerapan perbaikan dengan metode *corrective maintenance*, karena saringan yang sudah rusak/aus tidak dapat menyaring kristal gula dengan maksimal, sehingga banyak kristal gula yang ikut ke tangki *molasses*. Untuk mengurangi dampak tersebut dapat dilakukan dengan mengganti saringan conti D1 sebelum terjadinya kerusakan. Namun, dalam penelitian ini tidak dilakukan skenario perbaikan untuk conti D1 karena tingkat availabilitas mesin yang sudah maksimal.

Maka dari itu skenario perbaikan yang akan dirancang adalah untuk menaikkan availabilitas sistem mesin conti C sekaligus mengurangi jumlah gula C

yang luber, dengan melakukan perubahan pada kebijakan inventori dan penambahan jumlah tim teknis.

6.1.1 Inventori *Sparepart* Conti C

Availabilitas inventori *sparepart* sangat memengaruhi availabilitas sistem mesin conti C. Karena ketika *sparepart* yang dibutuhkan tidak tersedia di gudang maka mesin tidak dapat diperbaiki dan harus mengajukan SP dan menunggu sampai datangnya *sparepart*. Pada tabel 6.3 ditampilkan rata-rata waktu tunggu kedatangan *sparepart* yang paling lama adalah untuk komponen v-belt dan saringan. Untuk v-belt rata-rata harus menunggu selama 525.28 jam atau sekitar 22 hari, sedangkan untuk saringan harus menunggu 423.85 jam atau sekitar 18 hari.

Tabel 6.3 Rata-Rata Waktu Tunggu Kedatangan *Sparepart* Conti C

Komponen	Mesin Conti C				Rata-Rata (Jam)
	1	2	3	4	
Saringan	484.1	527.87	198.77	484.69	423.85
V-Belt	430.2	437.8	643.36	589.75	525.28
Bearing	0	0	0	0	0
Spindle As	0	0	0	0	0

Waktu tunggu yang lama karena *delay* pemesanan *sparepart* juga lama, yakni rata-rata 1 bulan, bisa lebih cepat selama 2 minggu dan yang paling lama adalah 2 bulan (berdistribusi triangular).

Tabel 6.4 Availabilitas *Sparepart* Mesin Conti C

Replikasi	Inventori			
	Spindle As	Bearing	Saringan CC	V-Belt
1	1	1	0.73	0.56
2	1	1	0.75	0.57
3	1	1	0.54	0.75
4	1	1	0.50	0.66
5	1	1	0.70	0.64
Mean	1	1	0.64	0.64

Dari keempat availabilitas *sparepart* yang ada pada Tabel 6.4, hanya saringan yang khusus dipakai di mesin conti C. Sedangkan spindle as, bearing dan v-belt dipakai oleh semua jenis mesin. Availabilitas terendah ada pada saringan dan v-belt, yakni sama-sama sebesar 64%. Oleh karena itu, pada skenario perbaikan

akan dilakukan perubahan kebijakan pemesanan *sparepart* saringan C dan v-belt untuk meningkatkan avilabilitas mesin conti C.

6.1.2 Waktu Tunggu Tim Teknisi

Availabilitas sistem mesin conti C juga dipengaruhi oleh lamanya waktu tunggu diperbaiki tim teknisi. Semakin lama waktu tunggu diperbaiki tim teknisi, maka waktu *breakdown* mesin juga akan semakin lama. Jika *breakdown time* terlalu lama sedangkan volume larutan gula di distributor semakin tinggi, akan mengakibatkan melubernya larutan gula. Saat ini jumlah tim teknisi hanya berjumlah 3, sedangkan jumlah mesin yang ada di stasiun puteran berjumlah 25.

Tabel 6.5 Rata-Rata Waktu Tunggu Tim Teknisi untuk Perbaikan

Komponen	Mesin Conti C				Rata-Rata (Jam)
	1	2	3	4	
Saringan	0.77	0.47	0.91	0.5	0.66
V-Belt	1.87	1.69	1.78	4.56	2.48
Bearing	0.065	0	0	0	0.02
Spindle As	0	0	0	0	0

Pada Tabel 6.5 adalah data waktu rata-rata waktu tunggu mesin conti C untuk diperbaiki oleh tim teknisi. Rata-rata waktu tunggu terlama adalah untuk perbaikan v-belt conti C, yakni selama 2.48 jam setiap kali ada kerusakan v-belt di mesin conti C. Adanya waktu tunggu terjadi ketika tim teknisi yang berjumlah 3 semuanya sedang memperbaiki mesin conti lain yang juga rusak.

6.2 Skenario Perbaikan

Pada subbab ini akan dijelaskan rancangan skenario perbaikan untuk meningkatkan availabilitas mesin conti C dan mengurangi *losses* gula C. Berikut adalah beberapa alternatif perubahan kebijakan dasar dalam sistem eksisting dari ide penulis.

1. Mengubah kebijakan inventori *sparepart* saringan C

Stasiun puteran menerapkan kebijakan inventori s, S , dimana s adalah minimum pemesanan kembali atau *reorder point* (ROP) dan S adalah jumlah maksimum inventori. Pada kondisi eksisting, s untuk *sparepart* saringan C dan v-belt adalah 1 dan S untuk saringan adalah 4, sedangkan untuk v-belt adalah 25. S v-belt yang tinggi karena untuk dipakai di semua

jenis mesin conti yang berjumlah 25. Berdasarkan hasil simulasi kondisi eksisting, availabilitas inventori yang paling rendah adalah saringan C dan v-belt, maka dari itu akan dilakukan perubahan *level s, S* pada kedua *sparepart* tersebut.

Untuk *s, S* inventori saringan diubah menjadi 2, 8 dan 4, 8. Perubahan maksimum stok menjadi 50% lebih tinggi dikarenakan waktu tunggu yang kedatangan yang cukup lama, sehingga bisa melakukan pemesanan lebih banyak sekaligus. Sedangkan ROP ditingkatkan dua kali lipat dan 4 kali lipat agar cadangan saringan C lebih banyak, untuk mengantisipasi kerusakan saringan C selama menunggu kedaangan *saprepart*.

2. Merubaha kebijakan inventori saringan C menjadi *s, Q*

Kebijakan ini dilakukan untuk meningkatkan availabilitas inventori saringan C agar mendongkrak availabilitas sistem conti C secara keseluruhan. Nilai *Q* didapatkan dari perhitungan EOQ dengan nilai RC sebesar Rp 780,000.00 untuk sekali pemesanan dan HC sebesar Rp 300,000.00 selama 6 bulan per unit. Sedangkan untuk *demand* digunakan rata-rata jumlah pemakaian saringan C kondisi eksisting sebesar 22 buah. Perhitungan EOQ dengan menggunakan persamaan (2.3) didapatkan hasil 11 unit. Selain itu, nilai *s* juga diubah dari 1 menjadi 2, 4 dan 9. Nilai 2 dan 4 disamakan dengan perubahan kebijakan dasar pada nomer 1. Sedangkan nilai 9 didapatkan dari hasil perhitungan ROP dengan menggunakan persamaan (2.2) dengan mengalikan rata-rata dari data *lead time* dan *demand* yang berdistribusi normal, ditambah dengan nilai SS sebesar 4 buah dengan asumsi *service level* sebesar 95%.

3. Mengubah kebijakan inventori v-belt

Untuk *s, S* inventori v-belt hanya diubah *s* nya saja, yakni dari 1 menjadi 2 dan 5. Perubahan *S* tidak dilakukan karena jumlah *S* sudah banyak, sehingga dilakukan peningkatan *s* saja untuk mencegah stok v-belt kosong. Perubahan *s* menjadi 2 dan 5 juga bertujuan untuk menjaga supaya minimal ada 2 stok untuk semua mesin conti atau 5 supaya stok v-belt untuk mesin conti C yang berjumlah 4 lebiht erjamin ketika mesin conti C membutuhkan v-belt.

4. Menambah jumlah tim teknisi

Kebijakan ini penulis dapat ketika mengevaluasi sistem eksisting, karena TTR yang lama, dan banyaknya mesin, tim teknisi yang bertugas untuk memperbaiki mesin menjadi sangat penting. Jika sebuah mesin rusak, sudah tersedia *sparepart* namun tidak ada tim teknisi, maka *breakdown time* mesin tersebut akan lebih lama, hanya karena menunggu tim teknisi selesai memperbaiki mesin lain yang rusak. Oleh karena itu, skenario perbaikan dengan menambah jumlah tim teknisi penulis usulkan untuk melihat dampaknya terhadap availabilitas mesin. Jumlah tim teknisi yang ditambahkan hanya khusus untuk menangani perbaikan di mesin conti C saja. Penambahan pada tim teknisi khusus untuk mesin conti C sebanyak 1 dan 2.

Selanjutnya skenario dasar tersebut akan diterapkan pada mesin conti C pada model simulasi sistem eksisting yang telah dibuat. Masing-masing skenario akan dilihat performansi sistemnya berdasarkan pada availabilitas, total *cost* dan jumlah gula yang *losses*. Skenario perbaikan yang dibuat akan dibandingkan sesuai dengan jumlah perubahan *variablenya*. Pada permulaan dilakukan perbandingan semua skenario secara individu. Selanjutnya, masing-masing skenario terbaik dari kebijakan dasar akan dikombinasikan dengan skenario kebijakan dasar lain. Berikut adalah rangkuman skenario yang akan dibuat.

Tabel 6.6 Skenario Dasar Perbaikan Inventori dan Jumlah Tim Teknisi

Perubahan Variable	s	S	Kode
Saringan C	2	8	A1
	4	8	A2
	s	Q	
	2	11	B1
	4	11	B2
	9	11	B3
VB	s	S	
	2	25	C1
	5	25	C2
Tim Teknisi	Jumlah		
	1		D1
	2		D2

Dari skenario perbaikan pada perubahan 1 *variable* akan diambil satu yang terbaik dari masing-masing dasar perubahan. Misalkan hasil perbandingan performansi sistem diantara skenario dengan kode A1 dan A2 didapatkan A1 yang terbaik, maka A1 akan digunakan sebagai kombinasi dari skenario perbaikan pada perubahan 2 *variable* dan 3 *variable*. Berikut adalah skenario perbaikan untuk kombinasi 2 *variable* dan 3 *variable*.

Tabel 6.7 Kombinasi Skenario Dasar

Perubahan	Kode
2 Variable	A*C*
	A*D*
	B*C*
	B*D*
	D*C*
3 Variable	A*D*C*
	B*D*C*

Pada Tabel 6.7 terdapat kode *, kode tersebut merupakan nomer dari kode skenario terbaik dari hasil perbandingan performansi sistem. Misalkan dari hasil perbandingan didapatkan A1 yang terbaik, maka A* adalah A1. Berikut adalah total jumlah skenario yang dilakukan pada penelitian ini.

Tabel 6.8 Rekap Total Jumlah Skenario Perbaikan

Perubahan	Kode	Nomer Skenario	Skenario Terbaik
1 Variable	A1	S1.1	S1*
	A2	S1.2	
	B1	S1.3	
	B2	S1.4	
	B3	S1.5	
	C1	S1.6	
	C2	S1.7	
	D1	S1.8	
	D2	S1.9	
2 Variable	A*C*	S2.1	S2*
	A*D*	S2.2	
	B*C*	S2.3	
	B*D*	S2.4	
	D*C*	S2.5	
3 Variable	A*D*C*	S3.1	S3*
	B*D*C*	S3.2	

Dari hasil perbandingan dari masing-masing perubahan kebijakan 1 *variable*, 2 *variable* dan 3 *variable* akan dipilih satu yang terbaik yang akan diusulkan kepada Stasiun Puteran PG Kebon Agung. Tiga skenario tersebut merupakan opsi yang dapat dipilih sesuai dengan keinginan dan kebutuhan PG Kebon Agung. Jumlah estimasi biaya yang dihasilkan dari masing-masing penerapan kebijakan skenario perbaikan juga akan ditampilkan pada hasil skenario.

6.2.1 Skenario 1.1 (A1)

Pada skenario ini hanya dilakukan 1 perubahan *variable control*, yakni kebijakan inventori saringan C, dengan tetap mempertahankan kebijakan s, S. Peningkatan ROP dari 1 menjadi 2 dan maksimum stok ditingkatkan menjadi 8, dilakukan untuk memperbanyak stok persediaan saringan selama menunggu kedatangan pesanan saringan C, dengan asumsi selama menunggu kedatangan terjadi 2 kerusakan saringan C pada mesin conti. Selain itu, maksimum stok juga ditingkatkan menjadi dua kali lipat dari awal, yakni sebesar 8. Hal ini dilakukan untuk memperbanyak stok agar tidak sering melakukan pemesanan kembali. Berikut adalah hasil performansi dari S1.1.

Tabel 6.9 Hasil Performansi Skenario 1.1

Replikasi	S1.1				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.72	0.57	0.82	22779.94	7,671.75
2	0.73	0.69	0.86	11769.63	7,496.01
3	0.63	0.63	0.84	13066.02	7,877.23
4	0.63	0.65	0.89	8587.71	7,716.61
5	0.73	0.64	0.82	16353.43	7,820.22
Mean	0.69	0.64	0.847	14511.35	7716.36

Hasil performansi S1.1 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 86.7% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 14,511.35 Ton. Untuk mengetahui signifikansi dari peningkatan S1.1, dilakukan *t-test: paired two samples for means* karena dua *sample* tersebut dari populasi yang sama. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S1.1 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan

dari kondisi awal dan skenario 1.1. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S1.1 dengan kondisi awal.

Tabel 6.10 Hasil *T-test* Performansi Awal dengan S1.1

	Molasses		Availabilitas	
	S1.1	Awal	S1.1	Awal
Mean	7716.364	7775.054	0.847	0.685
Variance	21802.573	6264.024	0.001	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	14033.299			
Pearson Correlation			0.743	
Hypothesized Mean Difference	0		0	
df	8		4	
t Stat	-0.783		10.600	
P(T<=t) one-tail	0.228		0.000	
t Critical one-tail	1.860		2.132	
P(T<=t) two-tail	0.456		0.000	
t Critical two-tail	2.306		2.776	

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.10 antara *molasses* yang dihasilkan S1 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai t-stat, -0.783, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S1.1 juga menunjukkan hasil yang signifikan. karena nilai t-stat, 10.6, berada di luar rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.2.2 Skenario 1.2 (A2)

Pada skenario ini dilakukan peningkatan ROP 2 kali lipat dari A1, yakni 4 unit. Sedangkan untuk maksimum stok tetap sama. Berikut adalah hasil performansi S1.2.

Tabel 6.11 Hasil Performansi Skenario 1.2

Replikasi	S1.2				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.96	0.73	0.96	2211.00	7,722.67
2	0.77	0.66	0.84	15764.33	8,013.10
3	0.76	0.67	0.88	24742.01	7,736.64
4	0.92	0.63	0.81	17811.30	7,814.37
5	0.99	0.61	0.81	15675.35	7,914.47
Mean	0.88	0.66	0.861	15240.80	7840.25

Hasil performansi S1.2 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 86.1% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 15,240.8 Ton. Untuk mengetahui signifikansi dari peningkatan S1.1, dilakukan *t-test: paired two samples for means*. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S1.2 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan dari kondisi awal dan skenario 1.2. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S1.2 dengan kondisi awal.

Tabel 6.12 Hasil *T-test* Performansi Awal dengan S1.2

	Molasses		Availabilitas	
	S1.2	Awal	S1.2	Awal
Mean	7840.250	7775.054	0.861	0.685
Variance	15153.898	6264.024	0.004	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	10708.961			
Pearson Correlation	-0.599			
Hypothesized Mean Difference	0			
df	8		4	
t Stat	0.996		3.942	
P(T<=t) one-tail	0.174		0.008	
t Critical one-tail	1.860		2.132	
P(T<=t) two-tail	0.348		0.017	
t Critical two-tail	2.306		2.776	

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.10 antara *molasses* yang dihasilkan S1 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai t-stat, 0.996, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S1.2 menunjukkan hasil yang signifikan. karena nilai t-stat, 3.942, berada di luar rentang *t critical two-tail*, 2.776. Selain itu nilai P-*two tail* kurang dari nilai *alpha*, yakni 0.05. Hasil ini menguatkan penolakan H_0 yang mengatakan tidak ada perbedaan yang signifikan antara S1.2 dengan kondisi awal.

6.2.3 Skenario 1.3 (B1)

Pada skenario ini dilakukan perubahan kebijakan inventori *sparepart* saringan C dari s, S menjadi s, Q. Nilai Q didapatkan dari hasil perhitungan EOQ,

yakni 11 unit. Sedangkan untu ROP ditingkatkan dua kali lipat dari kondisi awal, yakni menjadi 2. Berikut adalah hasil performansi skenario 1.3.

Tabel 6.13 Hasil Performansi Skenario 1.3

Replikasi	S1.3				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.89	0.56	0.83	21932.19	7,677.41
2	0.74	0.67	0.78	23475.71	7,728.92
3	0.84	0.65	0.85	12789.27	7,894.83
4	0.84	0.66	0.87	12828.45	7,750.24
5	0.72	0.71	0.81	20538.75	7,831.29
Mean	0.81	0.65	0.828	18312.87	7776.54

Dari Tabel 6.13 dapat diketahui bahwa hasil performansi S1.3 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 82.8% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 18,312.87 Ton. Untuk mengetahui signifikansi dari peningkatan S1.3, dilakukan *t-test: paired two samples for means* karena dua *sample* tersebut dari populasi yang sama. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S1.1 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan dari kondisi awal dan skenario 1.3. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S1.3 dengan kondisi awal.

Tabel 6.14 Hasil *T-test* Performansi Awal dengan S1.3

	Molasses		Availabilitas	
	S1.3	Awal	S1.3	Awal
Mean	7776.538	7775.054	0.828	0.685
Variance	7444.049	6264.024	0.001	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	6854.037			
Pearson Correlation	0.445			
Hypothesized Mean Difference	0			
df	8			
t Stat	0.028			
P(T<=t) one-tail	0.489			
t Critical one-tail	1.860			
P(T<=t) two-tail	0.978			
t Critical two-tail	2.306			

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.14 antara *molasses* yang dihasilkan S1.3 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai *t-stat*, 0.028, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S1.3 menunjukkan hasil yang signifikan. karena nilai *t-stat*, 6.799, berada di luar rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.2.4 Skenario 1.4 (B2)

Pada skenario ini tetap menggunakan kebijakan inventori s, Q seperti pada skenario sebelumnya. Namun, dilakukan penambahan pada ROP inventori saringan C dari 1 menjadi 4. Hal ini untuk mengantisipasi lamanya waktu kedatangan *sparepart*, sehingga ketikan keempat mesin conti C mengalami kerusakan v-belt secara bersamaan masih terdapat 4 stok saringan C. Sedangkan untuk jumlah pemesanan menggunakan hasil perhitungan EOQ, yakni 11 unit. Berikut adalah hasil performansi skenario 1.4.

Tabel 6.15 Hasil Performansi Skenario 1.4

Replikasi	S1.4				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.99	0.72	0.92	9157.28	7,777.76
2	0.92	0.72	0.95	5533.45	7,900.32
3	0.92	0.66	0.81	15976.38	7,628.86
4	0.83	0.73	0.92	6806.70	7,779.58
5	0.86	0.74	0.90	4550.21	7,785.16
Mean	0.90	0.71	0.899	8404.80	7774.34

Hasil performansi S1.4 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 89.9% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 8,404.8 Ton. nilai tersebut didukung oleh meningkatnya nilai availabilitas *sparepart* saringan C yang meningkat menjadi 90%. Nilai availabilitas v-belt juga naik namun hanya sebesar 0.7 dari kondisi awal, karena memang tidak ada perubahan pada kebijakan awal. Untuk mengetahui signifikansi dari peningkatan S1.4, dilakukan *t-test: paired two samples for means*. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S1.4 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan dari kondisi awal dan skenario 1.4. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S1.4 dengan kondisi awal.

Tabel 6.16 Hasil *T-test* Performansi Awal dengan S1.4

	Molasses		Availabilitas	
	S1.4	Awal	S1.4	Awal
Mean	7774.336	7775.054	0.899	0.685
Variance	9297.904	6264.024	0.003	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	7780.964			
Pearson Correlation	-0.356			
Hypothesized Mean Difference	0		0	
df	8		4	
t Stat	-0.013		5.721	
P(T<=t) one-tail	0.495		0.002	
t Critical one-tail	1.860		2.132	
P(T<=t) two-tail	0.990		0.005	
t Critical two-tail	2.306		2.776	

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.16 antara *molasses* yang dihasilkan S1.4 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai *t-stat*, -0.013, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S1.14 menunjukkan hasil yang signifikan. karena nilai *t-stat*, 5.721, berada di luar rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.2.5 Skenario 1.5 (B3)

Pada skenario ini nilai ROP ditingkatkan menjadi 9 sesuai dengan perhitungan ROP dengan menggunakan persamaan (2.2). Sedangkan untuk nilai pemesanan kembali berjumlah 11 dari hasil perhitungan EOQ. Berikut adalah hasil performansi sistem S5.

Tabel 6.17 Hasil Performansi Skenario 1.5

Replikasi	S1.5				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.99	0.65	0.89	7882.67	7,664.90
2	0.98	0.67	0.83	17394.32	7,880.22
3	0.92	0.65	0.93	1634.78	7,689.02
4	0.94	0.76	0.95	6185.35	7,588.63
5	1.00	0.65	0.83	16731.39	7,792.06
Mean	0.97	0.68	0.886	9965.70	7722.97

Hasil performansi S1.5 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 88.6% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 9,965.7 Ton. Untuk

mengetahui signifikansi dari peningkatan S1.5, dilakukan *t-test: paired two samples for means* karena dua *sample* tersebut dari populasi yang sama. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S1.5 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan dari kondisi awal dan skenario 1.5. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S1.5 dengan kondisi awal.

Tabel 6.18 Hasil *T-test* Performansi Awal dengan S1.5

	Molasses		Availabilitas	
	S1.5	Awal	S1.5	Awal
Mean	7722.966	7775.054	0.886	0.685
Variance	13018.238	6264.024	0.003	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	9641.131			
Pearson Correlation			0.457	
Hypothesized Mean Difference	0		0	
df	8		4	
t Stat	-0.839		8.287	
P(T<=t) one-tail	0.213		0.001	
t Critical one-tail	1.860		2.132	
P(T<=t) two-tail	0.426		0.001	
t Critical two-tail	2.306		2.776	

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.18 antara *molasses* yang dihasilkan S1.5 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai *t-stat*, -0.839, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S1.5 menunjukkan hasil yang signifikan. karena nilai *t-stat*, 8.287, berada di luar rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.2.6 Skenario 1.6 (C1)

Pada skenario ini dilakukan perubahan kebijakan dasar pada inventori v-belt dengan meningkatkan ROP menjadi 2 dan maksimum stok tetap 25. Perubahan tersebut bertujuan agar minimal ada 2 cadangan *sparepart* v-belt saat pemesanan kembali untuk *sparepart* v-belt dilakukan. Untuk maksimum stok tidak ditingkatkan karena sudah cukup untuk setiap mesin memiliki 1 cadangan *sparepart* v-belt. Berikut adalah hasil performansi sistem S1.6.

Tabel 6.19 Hasil Performansi Skenario 1.6

Replikasi	S1.6				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.42	0.64	0.82	18965.13	7,835.62
2	0.30	0.73	0.74	30989.09	7,793.91
3	0.27	0.60	0.59	44168.97	7,495.07
4	0.40	0.56	0.80	17270.42	7,680.03
5	0.28	0.80	0.69	37600.54	7,953.74
Mean	0.34	0.67	0.725	29798.83	7751.67

Hasil performansi S1.6 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 72.5% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 29,798.83 Ton. Untuk mengetahui signifikansi dari peningkatan S1.6, dilakukan *t-test: paired two samples for means*, dengan terlebih dahulu menguji perbedaan antara S1.6 dengan kondisi awal. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S1.6 dengan kondisi awal.

Tabel 6.20 Hasil *T-test* Performansi Awal dengan S1.6

	Molasses		Availabilitas	
	S1.6	Awal	S1.6	Awal
Mean	7751.674	7775.054	0.725	0.685
Variance	30159.989	6264.024	0.008	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	18212.006			
Pearson Correlation			-0.437	
Hypothesized Mean Difference	0		0	
df	8		4	
t Stat	-0.274		0.736	
P(T<=t) one-tail	0.396		0.251	
t Critical one-tail	1.860		2.132	
P(T<=t) two-tail	0.791		0.503	
t Critical two-tail	2.306		2.776	

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.20 antara *molasses* yang dihasilkan S1.6 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai t-stat, -0.274, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S1.6 juga menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Karena nilai t-stat, 0.736, berada di dalam rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.2.7 Skenario 1.7 (C2)

Pada skenario ini dilakukan peningkatan ROP v-belt dari 1 menjadi 5 unit. Peningkatan menjadi 5 karena pertimbangan kebutuhan v-belt tidak hanya untuk mesin conti C saja, sehingga pemesanan kembali pada *level* stok 5 bertujuan agar minimal ada 5 unit v-belt untuk 25 mesin yang membutuhkan v-belt ketika menunggu kedatangan pesanan v-belt. Berikut adalah hasil performansi sistem S1.7.

Tabel 6.21 Hasil Performansi Skenario 1.7

Replikasi	S1.7				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.24	0.74	0.78	26775.02	7,857.62
2	0.35	0.75	0.86	12559.55	7,657.11
3	0.16	0.81	0.66	38382.20	7,646.35
4	0.32	0.80	0.84	12284.63	7,857.27
5	0.27	0.66	0.61	42802.76	7,777.09
Mean	0.27	0.75	0.748	26560.83	7759.09

Hasil performansi S1.7 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 86.7% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 26,560.83 Ton. Untuk mengetahui signifikansi perbedaan dan peningkatan S1.7 dilakukan uji *t-test* berikut.

Tabel 6.22 Hasil *T-test* Performansi Awal dengan S1.7

	Molasses		Availabilitas	
	S1.7	Awal	S1.7	Awal
Mean	7759.088	7775.054	0.748	0.685
Variance	10695.425	6264.024	0.012	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	8479.725			
Pearson Correlation	0.135			
Hypothesized Mean Difference	0			
df	8			
t Stat	-0.274			
P(T<=t) one-tail	0.395			
t Critical one-tail	1.860			
P(T<=t) two-tail	0.791			
t Critical two-tail	2.306			

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.21 antara *molasses* yang dihasilkan S1.7 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai *t-stat*, -0.274, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S1.1 juga menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Karena nilai *t-stat*, 1.227, berada di dalam rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.2.8 Skenario 1.8 (D1)

Pada skenario ini dilakukan perubahan dasar pada kebijakan perbaikan mesin saja, dimana pada kondisi awal terdapat 3 tim teknisi yang menangani kerusakan 25 mesin. Perubahan pada skenario ini adalah dengan menambah jumlah tim teknisi sebanyak 1 tim, namun dikhususkan untuk menangani mesin conti C saja. Sedangkan 3 tim yang lain untuk menangani 21 mesin conti selain conti C. Penambahan ini diharapkan dapat mengurangi waktu tunggu perbaikan mesin karena tidak tersedianya tim teknisi, khususnya untuk mesin conti C. Berikut adalah hasil performansi sistem skenario 1.8.

Tabel 6.23 Hasil Performansi Skenario 1.8

Replikasi	S1.8				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.38	0.73	0.86	8646.59	7,667.44
2	0.34	0.69	0.80	18675.58	7,591.19
3	0.25	0.64	0.56	51680.52	7,590.66
4	0.52	0.68	0.84	18461.61	7,751.24
5	0.21	0.67	0.65	38058.13	7,811.34
Mean	0.34	0.68	0.744	27104.49	7682.37

Hasil performansi S1.8 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 74.4% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 27,104.49 Ton. Untuk mengetahui signifikansi dari peningkatan S1.8, dilakukan *t-test: paired two samples for means* karena dua *sample* tersebut dari populasi yang sama. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S1.8 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan dari kondisi awal dan skenario 1.8. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S1.8 dengan kondisi awal.

Tabel 6.24 Hasil *T-test* Performansi Awal dengan S1.8

	Molasses		Availabilitas	
	S1.8	Awal	S1.8	Awal
Mean	7682.374	7775.054	0.744	0.685
Variance	9580.940	6264.024	0.017	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	7922.482			
Pearson Correlation	-0.337			
Hypothesized Mean Difference	0		0	
df	8		4	
t Stat	-1.646		0.841	
P(T<=t) one-tail	0.069		0.224	
t Critical one-tail	1.860		2.132	
P(T<=t) two-tail	0.138		0.448	
t Critical two-tail	2.306		2.776	

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.24 antara *molasses* yang dihasilkan S1.8 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai *t-stat*, -1.646, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S1.8 juga menunjukkan hasil yang tidak signifikan. karena nilai *t-stat*, 0.841, berada di dalam rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.2.9 Skenario 1.9 (D2)

Pada skenario ini dilakukan penambahan kembali pada jumlah tim teknisi yang khusus untuk menangani mesin conti C menjadi 2 tim. Berikut adalah hasil performansi dari sistem conti C dengan S1.9.

Tabel 6.25 Hasil Performansi Skenario 1.9

Replikasi	S1.9				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.38	0.73	0.86	8646.59	7,667.44
2	0.34	0.69	0.80	18675.58	7,591.19
3	0.25	0.64	0.56	51680.52	7,590.66
4	0.52	0.68	0.84	18461.61	7,751.24
5	0.21	0.67	0.65	38058.13	7,811.34
Mean	0.34	0.68	0.744	27104.49	7682.37

Hasil performansi S1.9 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 74.4 % dan jumlah gula yang luber turun menjadi 27,104.49 Ton. hasil

ini sama dengan skenario sebelumnya, yang menandakan bahwa tidak berbeda antara penambahan jumlah tim teknisi khusus untuk mesin conti C dari 1 menjadi 2. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S1.9 dengan kondisi awal.

Tabel 6.26 Hasil *T-test* Performansi Awal dengan S1.9

	Molasses		Availabilitas	
	S1.9	Awal	S1.9	Awal
Mean	7682.374	7775.054	0.744	0.685
Variance	9580.940	6264.024	0.017	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	7922.482			
Pearson Correlation	-0.337			
Hypothesized Mean Difference	0			
df	8			
t Stat	-1.646			
P(T<=t) one-tail	0.069			
t Critical one-tail	1.860			
P(T<=t) two-tail	0.138			
t Critical two-tail	2.306			

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.26 antara *molasses* yang dihasilkan S1.9 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai t-stat, -1.646, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S1.9 juga menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Karena nilai t-stat, 0.841, berada di rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.2.10 Skenario 2.1 (A1C2)

Pada skenario ini dilakukan perubahan 2 *variable control*, skenario 2.1 merupakan kombinasi antara skenario kebijakan inventori s, S saringan C (A) dan v-belt (C). Dari hasil analisis performansi skenario A1 dan A2, akan dijelaskan lebih lanjut pada Subbab 6.3, didapatkan A1 sebagai skenario yang lebih baik dan dikombinasikan dengan C2 yang lebih baik dari C1. Kombinasi skenario ini merubah kebijakan inventori saringan C dari ROP 1 menjadi 2 dan maksimum stok 8, serta kebijakan inventori v-belt dari ROP 1 menjadi 5 dan maksimum stok tetap 25. Perubahan 2 *variable* diharapkan dapat lebih meningkatkan availabilitas sistem mesin conti C, sehingga jumlah gula C yang luber juga dapat berkurang. Berikut adalah hasil performansi S2.1.

Tabel 6.27 Hasil Performansi Skenario 2.1

Replikasi	S2.1				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.65	0.70	0.87	11386.04	7785.99
2	0.79	0.76	0.94	1329.51	7811.10
3	0.71	0.73	0.85	15174.75	7779.23
4	0.79	0.84	0.99	0.00	7779.40
5	0.77	0.76	0.93	1880.43	7723.46
Mean	0.74	0.76	0.917	5954.15	7775.84

Hasil performansi S2.1 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 91.7% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 5,954.15 Ton. Untuk mengetahui signifikansi dari peningkatan S2.1, dilakukan *t-test: paired two samples for means* karena dua *sample* tersebut dari populasi yang sama. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S2.1 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan dari kondisi awal dan skenario 2.1. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S2.1 dengan kondisi awal.

Tabel 6.28 Hasil *T-test* Performansi Awal dengan S2.1

	Molasses		Availabilitas	
	S2.1	Awal	S2.1	Awal
Mean	7775.836	7775.054	0.917	0.685
Variance	1028.530	6264.024	0.003	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	3646.277			
Pearson Correlation	0.368			
Hypothesized Mean Difference	0			
df	8			
t Stat	0.020			
P(T<=t) one-tail	0.492			
t Critical one-tail	1.860			
P(T<=t) two-tail	0.984			
t Critical two-tail	2.306			

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.28 antara *molasses* yang dihasilkan S2.1 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai *t-stat*, 0.02, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan

availabilitas mesin conti C pada skenario S2.1 menunjukkan hasil yang signifikan. Karena nilai t -stat, 8.279, berada di luar rentang t critical two-tail, 2.776.

6.2.11 Skenario 2.2 (A1D1)

Pada skenario ini skenario individual yang dikombinasikan adalah A1 dengan D1. Berikut adalah hasil performansi sistem skenario 2.2.

Tabel 6.29 Hasil Performansi Skenario 2.2

Replikasi	S2.2				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.72	0.58	0.82	22638.94	7673.26
2	0.74	0.66	0.84	11302.77	7516.52
3	0.65	0.64	0.89	8330.17	7748.83
4	0.69	0.66	0.93	6154.35	7736.03
5	0.73	0.64	0.82	16353.43	7820.22
Mean	0.71	0.64	0.860	12955.93	7698.97

Hasil performansi S2.2 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 86% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 12,955.93 Ton. Untuk mengetahui signifikansi dari peningkatan S2.2, dilakukan *t-test: paired two samples for means* karena dua *sample* tersebut dari populasi yang sama. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S2.2 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S2.2 dengan kondisi awal.

Tabel 6.30 Hasil *T-test* Performansi Awal dengan S2.2

	Molasses		Availabilitas	
	S2.2	Awal	S2.2	Awal
Mean	7698.972	7775.054	0.860	0.685
Variance	13127.508	6264.024	0.002	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	9695.766			
Pearson Correlation			0.815	
Hypothesized Mean Difference	0		0	
df	8		4	
t Stat	-1.222		12.945	
P(T<=t) one-tail	0.128		0.000	
t Critical one-tail	1.860		2.132	
P(T<=t) two-tail	0.257		0.000	
t Critical two-tail	2.306		2.776	

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.30 antara *molasses* yang dihasilkan S2.2 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai *t-stat*, -1.222, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S2.2 menunjukkan hasil yang signifikan. Karena nilai *t-stat*, 12.945, berada di luar rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.2.12 Skenario 2.3 (B2C2)

Pada skenario ini, kombinasi skenario yang diterapkan adalah B2 dan C2. Skenario B2 merupakan kebijakan inventori saringan C dengan menggunakan kebijakan s, Q, dimana nilai Q adalah 11 dan ROP adalah 4. Dan C2 adalah kebijakan inventori v-belt dengan meningkatkan ROP saja menjadi 4 unit. Skenario dengan kode A dan B tidak dikombinasikan karena kebijakan dasarnya sama, yakni mengubah kebijakan inventori saringan C, sehingga untuk kombinasi dari 2 skenario hanya menghasilkan 5 skenario saja. Berikut adalah hasil performansi sistem skenario 2.3.

Tabel 6.31 Hasil Performansi Skenario 2.3

Replikasi	S2.3				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.99	0.69	0.99	0.00	7765.83
2	0.98	0.62	0.77	26895.18	7716.58
3	0.86	0.66	0.88	9675.91	7702.26
4	0.88	0.90	1.00	0.00	7770.34
5	1.00	0.73	0.87	15992.78	7760.35
Mean	0.94	0.72	0.902	10512.77	7743.07

Hasil performansi S2.3 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 90.2% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 10,512.77 Ton. Untuk mengetahui signifikansi dari peningkatan S2.3, dilakukan *t-test: paired two samples for means* karena dua *sample* tersebut dari populasi yang sama. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S1.1 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan dari kondisi awal dan skenario 2.3. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S2.3 dengan kondisi awal.

Tabel 6.32 Hasil *T-test* Performansi Awal dengan S2.3

	Molasses		Availabilitas	
	S2.3	Awal	S2.3	Awal
Mean	7743.072	7775.054	0.902	0.685
Variance	981.861	6264.024	0.009	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	3622.943			
Pearson Correlation	-0.193			
Hypothesized Mean Difference	0			
df	8		4	
t Stat	-0.840		4.126	
P(T<=t) one-tail	0.213		0.007	
t Critical one-tail	1.860		2.132	
P(T<=t) two-tail	0.425		0.015	
t Critical two-tail	2.306		2.776	

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.32 antara *molasses* yang dihasilkan S2.3 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai *t*-stat, -0.84, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S2.3 menunjukkan hasil yang signifikan. Karena nilai *t*-stat, 4.126, berada di luar rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.2.13 Skenario 2.4 (B2D1)

Pada skenario ini, skenario yang dikombinasikan adalah B2 dengan D1, dimana B2 merupakan perubahan kebijakan inventori saringan C dengan s, Q dan D1 adalah penambahan jumlah tim teknisi yang khusus untuk menangani conti C sebanyak 1 tim. Berikut adalah hasil performansi skenario 2.4.

Tabel 6.33 Hasil Performansi Skenario 2.4

Replikasi	S2.4				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.99	0.62	0.82	18092.43	7737.23
2	0.92	0.72	0.95	5533.45	7900.32
3	0.92	0.64	0.81	15608.60	7710.89
4	0.82	0.68	0.84	10383.47	7899.37
5	0.85	0.72	0.88	9579.31	7829.75
Mean	0.90	0.67	0.860	11839.45	7815.51

Hasil performansi S2.4 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 86% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 11,839.45 Ton. Untuk

mengetahui signifikansi dari peningkatan S2.4, dilakukan *t-test: paired two samples for means* karena dua *sample* tersebut dari populasi yang sama. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S2.4 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan dari kondisi awal dan skenario 2.4. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S2.4 dengan kondisi awal.

Tabel 6.34 Hasil T-test Performansi Awal dengan S2.4

	Molasses		Availabilitas	
	S2.4	Awal	S2.4	Awal
Mean	7815.512	7775.054	0.860	0.685
Variance	7875.279	6264.024	0.003	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	7069.651			
Pearson Correlation	0.005			
Hypothesized Mean Difference	0			
df	8		4	
t Stat	0.761		5.235	
P(T<=t) one-tail	0.234		0.003	
t Critical one-tail	1.860		2.132	
P(T<=t) two-tail	0.469		0.006	
t Critical two-tail	2.306		2.776	

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.34 antara *molasses* yang dihasilkan S2.4 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai *t-stat*, 0.761, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S2.4 menunjukkan hasil yang signifikan. Karena nilai *t-stat*, 5.235, berada di luar rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.2.14 Skenario 2.5 (D1C2)

Pada skenario ini adalah skenario kombinasi perubahan 2 *variable* terakhir, yakni kombinasi antara skenario dengan kode D1 dan C2. Perubahan yang dilakukan adalah penambahan tim teknisi khusus mesin conti C sebanyak 1 tim dan kebijakan inventori *v-belt* meningkatkan ROP dari 1 menjadi 5 unit dengan maksimum stok yang tetap. Berikut adalah hasil performansi skenario kombinasi antara D1 dan C2 (S2.5).

Tabel 6.35 Hasil Performansi Skenario 2.5

Replikasi	S2.5				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.31	0.77	0.83	17812.49	7868.86
2	0.38	0.71	0.75	24398.53	7716.78
3	0.15	0.84	0.64	43306.94	7611.86
4	0.32	0.81	0.84	13026.49	7763.78
5	0.38	0.71	0.66	37405.86	7897.82
Mean	0.31	0.77	0.744	27190.06	7771.82

Hasil performansi S2.5 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 74.4% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 27,190.06 Ton. Untuk mengetahui signifikansi dari peningkatan S2.5, dilakukan *t-test: paired two samples for means* karena dua *sample* tersebut dari populasi yang sama. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S2.5 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan dari kondisi awal dan skenario 2.5. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S2.5 dengan kondisi awal.

Tabel 6.36 Hasil T-test Performansi Awal dengan S2.5

	Molasses		Availabilitas	
	S2.5	Awal	S2.5	Awal
Mean	7771.820	7775.054	0.744	0.685
Variance	13493.502	6264.024	0.008	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	9878.763			
Pearson Correlation			-0.240	
Hypothesized Mean Difference	0		0	
df	8		4	
t Stat	-0.051		1.156	
P(T<=t) one-tail	0.480		0.156	
t Critical one-tail	1.860		2.132	
P(T<=t) two-tail	0.960		0.312	
t Critical two-tail	2.306		2.776	

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.36 antara *molasses* yang dihasilkan S2.5 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai *t-stat*, -0.051, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan

availabilitas mesin conti C pada skenario S2.5 juga menunjukkan hasil yang tidak signifikan. karena nilai t -stat, 1.156, berada di rentang t critical two-tail, 2.776.

6.2.15 Skenario 3.1 (A1D1C2)

Pada skenario ini dilakukan perubahan 3 *variable* dengan mengkombinasikan 3 skenario perubahan kebijakan dasar yang berbeda. Hasil dari kombinasi hanya 2 karena skenario dengan kode A dan B tidak dapat dikombinasikan secara bersamaan. Skenario 3.1 menerapkan kombinasi antara A1, D1 dan C2. Perubahan kebijakan saringan menggunakan kebijakan A1, yakni merubah ROP menjadi 2 dan maksimum stok menjadi 8. Untuk perubahan kebijakan inventori v-belt menerapkan ROP sebesar 5 dan maksimum stok tetap, yakni 25. Sedangkan untuk penambahan jumlah tim teknisi yang khusus untuk menangani kerusakan mesin conti C adalah 1 tim saja. Berikut adalah hasil performansi skenario kombinasi 3 perubahan kebijakan dasar (S3.1).

Tabel 6.37 Hasil Performansi Skenario 3.1

Replikasi	S3.1				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.58	0.66	0.84	13345.57	7785.49
2	0.65	0.72	0.83	17145.30	7777.61
3	0.66	0.73	0.92	6520.65	7757.63
4	0.79	0.84	0.99	0.00	7779.40
5	0.74	0.75	0.93	8086.11	7715.06
Mean	0.68	0.74	0.901	9019.53	7763.04

Hasil performansi S3.1 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 90.1% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 9,019.53 Ton. Meskipun availabilitas saringan C hanya 68%, namun nilai availabilitas mesin conti C tetap meningkat tinggi karena didukung dengan peningkatan availabilitas v-belt menjadi 74% serta penambahan tim teknisi sebanyak 1 yang khusus untuk menangani kerusakan mesin contiC. Untuk mengetahui signifikansi dari peningkatan S3.1, dilakukan *t-test: paired two samples for means* karena dua *sample* tersebut dari populasi yang sama. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S1.1 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Data yang digunakan untuk

perbandingan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan dari kondisi awal dan skenario 3.1. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S3.1 dengan kondisi awal.

Tabel 6.38 Hasil T-test Performansi Awal dengan S3.1

	Molasses		Availabilitas	
	S3.1	Awal	S3.1	Awal
Mean	7763.038	7775.054	0.901	0.685
Variance	828.821	6264.024	0.004	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	3546.423			
Pearson Correlation	0.565			
Hypothesized Mean Difference	0			
df	8		4	
t Stat	-0.319		8.602	
P(T<=t) one-tail	0.379		0.001	
t Critical one-tail	1.860		2.132	
P(T<=t) two-tail	0.758		0.001	
t Critical two-tail	2.306		2.776	

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.38 antara *molasses* yang dihasilkan S3.1 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai t-stat, -0.319, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S3.1 menunjukkan hasil yang signifikan. karena nilai t-stat, 8.602, berada di luar rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.2.16 Skenario 3.2 (B2D1C2)

Pada skenario ini dilakukan kombinasi 3 perubahan kebijakan dasar yakni B2, D1 dan C2. Skenario ini menerapkan B2, yakni kebijakan inventori *sparepart* s, Q. Berikut adalah hasil performansi skenario S3.2.

Tabel 6.39 Hasil Performansi Skenario 3.2

Replikasi	S3.2				
	Saringan CC	V-Belt	Conti C	Luber	Molasses
1	0.99	0.77	1.00	0.00	7743.73
2	0.98	0.65	0.80	25760.58	7820.78
3	0.86	0.66	0.88	9675.91	7705.83
4	0.78	0.84	0.91	7077.27	7661.51
5	1.00	0.67	0.83	19330.61	7762.51
Mean	0.92	0.72	0.881	12368.87	7738.87

Hasil performansi S3.2 meningkat dari kondisi awal, dengan availabilitas naik menjadi 88.1% dan jumlah gula yang luber turun menjadi 12,368.87 Ton. Untuk mengetahui signifikansi dari peningkatan S3.2, dilakukan *t-test: paired two samples for means* karena dua *sample* tersebut dari populasi yang sama. Namun sebelum itu dilakukan *t-test* untuk menguji apakah S3.2 tidak berbeda jauh dengan kondisi awal dengan menggunakan *t-test: two-samples assuming equal variances*. Data yang digunakan untuk perbandingan adalah jumlah *molasses* yang dihasilkan dari kondisi awal dan skenario 3.2. Berikut adalah hasil *t-test* skenario S3.2 dengan kondisi awal.

Tabel 6.40 Hasil T-test Performansi Awal dengan S3.2

	Molasses		Availabilitas	
	S3.2	Awal	S3.2	Awal
Mean	7738.872	7775.054	0.881	0.685
Variance	3591.982	6264.024	0.006	0.003
Observations	5	5	5	5
Pooled Variance	4928.003			
Pearson Correlation			-0.428	
Hypothesized Mean Difference	0		0	
df	8		4	
t Stat	-0.815		4.011	
P(T<=t) one-tail	0.219		0.008	
t Critical one-tail	1.860		2.132	
P(T<=t) two-tail	0.439		0.016	
t Critical two-tail	2.306		2.776	

Hasil uji *t-test* pada Tabel 6.40 antara *molasses* yang dihasilkan S3.2 dengan kondisi awal menunjukkan tidak adanya perbedaan, karena nilai t-stat, -0.815, berada di rentang *t critical two tail*, 2.306. Untuk uji signifikansi dari peningkatan availabilitas mesin conti C pada skenario S3.2 menunjukkan hasil yang signifikan. karena nilai t-stat, 4.011, berada di luar rentang *t critical two-tail*, 2.776.

6.3 Analisis Hasil

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai analisis penulis terhadap hasil simulasi sistem eksisting dan skenario perbaikan, untuk dibandingkan dan dipilih skenario terbaik berdasarkan availabilitas, jumlah gula yang *losses* dan total *cost*

dari penerapan perubahan skenario. Kemudian dilakukan analisis sensitivitas pada skenario terpilih.

6.3.1 Kondisi eksisting

Sistem yang ada di stasiun puteran terdiri dari 3 subsistem, yakni sistem mesin conti A, sistem mesin conti C dan sistem mesin conti D1-D2. Sistem mesin conti D1-D2 terdiri dari sistem mesin conti D1 dan sistem mesin conti D2 yang tersusun secara seri. Selanjutnya dalam setiap sistem mesin conti terdapat beberapa mesin yang tersusun secara paralel. Karena tersusun secara paralel maka probabilitas availabilitas seharusnya lebih tinggi. Namun pada hasil simulasi kondisi eksisting didapatkan nilai sistem conti C yang rendah, yakni 69%.

Hasil tersebut memang sesuai dengan kondisi di lapangan, dimana mesin conti C mengalami *breakdown time* yang lebih lama. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa *breakdown time* dipengaruhi oleh availabilitas inventori dan tim teknisi. Ketika mesin conti C mengalami kerusakan pada salah satu komponen kritis dan *sparepart* yang dibutuhkan tidak ada, maka waktu *breakdown* menjadi lebih lama. Saat ini, sistem inventori di stasiun puteran menerapkan level s, S , artinya pemesanan dilakukan kembali ketika stok *sparepart* tinggal sejumlah s dan dilakukan pengajuan SP dengan jumlah sampai sebesar S . Inventori *sparepart* pendukung mesin conti C yang memiliki availabilitas paling rendah adalah saringan C dan v-belt, masing-masing memiliki nilai sama sebesar 64%. Rendahnya availabilitas saringan C dipengaruhi oleh kebijakan inventori yang menerapkan nilai 1, 4. Artinya baru dilakukan pemesanan kembali saat stok saringan C tersisa 1, dan dilakukan pemesanan sejumlah 3. Sedangkan waktu kedatangan *sparepart* dari sejak dipesan sampai datang bisa mencapai 2 bulan, rata-rata 1 bulan dan paling cepat 2 minggu. Begitu juga dengan v-belt yang dibutuhkan tidak hanya mesin conti C, tapi juga semua jenis mesin. Kebijakan level inventori untuk v-belt adalah 1, 25. Jumlah 25 merupakan jumlah yang sama dengan banyaknya mesin conti di stasiun puteran. Selain itu, *part* v-belt merupakan *part* yang sering mengalami kerusakan meskipun waktu perbaikannya yang paling cepat.

Selain kebijakan inventori, tim teknisi juga memengaruhi lama waktu *breakdown* mesin. Meskipun *sparepart* yang dibutuhkan tersedia jika tidak ada tim teknisi yang tersedia untuk memperbaiki, maka mesin akan tetap dalam keadaan

breakdown. Rata-rata waktu tunggu untuk perbaikan v-belt di mesin conti C mencapai 2.48 jam dan untuk perbaikan saringan sebesar 0.66 jam.

Dampak dari *problem* tersebut adalah availabilitas mesin conti C yang rendah serta jumlah gula yang meluber tinggi, yakni sebesar 40,426.16 Ton.

6.3.2 Skenario Perubahan Kebijakan Inventori

Berdasarkan hasil availabilitas saringan C dan v-belt dari simulasi kondisi eksisting yang memiliki nilai paling rendah, maka dibuatlah skenario untuk merubah kebijakan inventori saringan C dan v-belt agar availabilitas kedua *sparepart* tersebut meningkat. Jika kedua availabilitas *sparepart* tersebut naik, maka *breakdown time* mesin conti C akan lebih sedikit, sehingga availabilitas sistem conti C dapat meningkat juga.

Perubahan yang dilakukan pada kebijakan inventori saringan C adalah dengan meningkatkan *level s*, S menjadi 2, 8 (A1) dan 4, 8 (A2). Perubahan pertama dilakukan untuk mencegah agar stok saringan tidak sampai kosong selama menunggu kedatangan saringan C. Namun ternyata jumlah *s* yang dinaikkan menjadi 4 hanya mampu mengangkat nilai availabilitas saringan dari 64% menjadi 86.1%, yang tidak jauh berbeda dari nilai *s* yang hanya 2, yakni 84.7%. Selain itu, prosentase penurunan jumlah gula C yang luber juga lebih besar A1 dibandingkan dengan A2, yakni untuk A1 menurun 64% dan A2 turun sebesar 62%. Seharusnya jika availabilitas mesin conti C lebih tinggi, maka jumlah gula yang luber juga lebih sedikit, namun dalam kasus ini A1 yang memiliki nilai availabilitas sedikit lebih rendah memiliki prosentase penurunan yang lebih besar dari A2. Hal ini dapat dipengaruhi oleh faktor jumlah gula yang dihasilkan dari stasiun masakan untuk diproses di mesin conti C bersifat stokastik, dan pada *running* skenario S1.2 jumlah gula C yang dihasilkan lebih tinggi daripada S1.1.

Perubahan pada kebijakan saringan C juga dilakukan eksperimen dengan menerapkan kebijakan *s, Q*, dimana nilai *Q* merupakan hasil perhitungan EOQ probabilistik dan didapatkan nilai 11 unit untuk setiap kali pemesanan. Sedangkan untuk *level s* ditingkatkan menjadi 2 (B1), 4 (B2) dan 9 unit (B3) dengan jumlah *Q* sama.. Nilai 9 merupakan hasil dari perhitungan ROP dengan menggunakan persamaan (2.2). Dari hasil simulasi didapatkan nilai availabilitas yang paling tinggi adalah B2 yang menerapkan ROP sebesar 4 unit, yakni 89.9%. Diikuti

dengan B3 sebesar 88.6% dan B1 sebesar 82.8%. Nilai ROP sebesar 4 saja ternyata lebih efektif dalam meningkatkan nilai availabilitas sistem mesin conti C daripada ROP yang tinggi, yakni 9. Sedangkan untuk prosentase penurunan jumlah gula C yang luber, B2 memiliki prosentase yang lebih tinggi juga yakni sebesar 79%, diikuti dengan B3 sebesar 75% dan B1 sebesar 55%.

Pada perubahan kebijakan inventori v-belt, dinaikkan nilai s-nya saja dari 1 menjadi 2 (C1) dan 5 (C2). Hasil nilai availabilitas sistem mesin conti C dari skenario C1 menjadi 72.5% sedangkan C2 menghasilkan nilai availabilitas 74.8%. Peningkatan C2 lebih besar dari C1, namun peningkatan availabilitas kedua skenario tersebut tidak signifikan dari nilai availabilitas kondisi awal. Sedangkan untuk prosesntase penurunan jumlah gula C yang luber untuk C2 juga lebih besar dari C1, yakni C2 sebesar 34% dan C1 sebesar 26%.

6.3.3 Skenario Penambahan Tim Teknisi

Pada skenario ini jumlah tim teknisi yang semula berjumlah 3, ditambah menjadi 1 dan 2. Namun jumlah tim teknisi tambahan ini hanya khusus untuk menangani kerusakan yang terjadi pada mesin conti C. Dengan penambahan ini diharapkan agar mempercepat waktu perbaikan mesin conti C. Hasil dari penambahan 1 tim teknisi khusus untuk mesin conti C mampu membantu meningkatkan nilai availabilitas mesin conti C menjadi 74.4% sedangkan untuk penambahan 2 tim teknisi juga sama, meskipun peningkatannya tidak signifikan. Begitu juga dengan prosensase penurunan jumlah gula C yang luber juga sama-sama sebesar 33%. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan jumlah tim teknisi yang optimal adalah sebesar 1 tim saja.

6.4 Analisis Skenario Terpilih

Berdasarkan hasil performansi skenario-skenario perbaikan yang menyangkut perubahan 1 saja *variable control*, 2 *variable* dan 3 *variable* akan dilakukan anailisis untuk memilih satu skenario terbaik dari setiap jumlah perubahan *variabel control*, sehingga didapatkan 3 skenario terbaik dengan jumlah perubahan yang berbeda. Perbandingan setiap skenario dilihat dari performansi sistem yang terdiri dari nilai availabilitas sistem mesin conti C, prosesntase penurunan gula C yang luber dan total *cost*.

6.4.1 Skenario Perbaikan Perubahan 1 *Variable*

Perubahan 1 *variable* untuk dijadikan skenario perbaikan menghasilkan 9 skenario berbeda. Berikut adalah hasil performansi skenario perubahan 1 *variable* saja.

Tabel 6.41 Rekap Hasil Performansi Skenario Perbaikan Perubahan 1 *Variable*

Skenario	Kode	Availabilitas	Luber	Total Cost	Keterangan
S1.1	A1*	0.847	0.64	Rp 199,340,000.00	Signifikan
S1.2	A2	0.861	0.62	Rp 228,520,000.00	Signifikan
S1.3	B1	0.828	0.55	Rp 213,110,000.00	Signifikan
S1.4	B2*	0.899	0.79	Rp 235,190,000.00	Signifikan
S1.5	B3	0.886	0.75	Rp 278,240,000.00	Signifikan
S1.6	C1	0.725	0.26	Rp 66,660,000.00	Tidak Signifikan
S1.7	C2*	0.748	0.34	Rp 71,410,000.00	Tidak Signifikan
S1.8	D1*	0.744	0.33	Rp 33,378,770.88	Tidak Signifikan
S1.9	D2	0.744	0.33	Rp 66,757,541.76	Tidak Signifikan

Pada Tabel 6.41 ditampilkan performansi skenario-skenario perbaikan dari perubahan 1 *variable* saja, yang meliputi availabilitas sistem conti C, persentase penurunan jumlah gula C yang luber dari kondisi awal dan total *cost* yang dihasilkan dari penerapan perubahan skenario tersebut.



Gambar 6.1 Grafik Perbandingan Skenario Perubahan 1 *Variable*

Dari Gambar 6.1 dapat dilihat perbandingan performansi antar skenario, dilihat dari nilai availabilitas sistem mesin conti C, persentase penurunan jumlah gula C yang luber dan total *cost* yang dihasilkan. Dari masing-masing perubahan kebijakan dasar dipilih skenario A1, B2, C2 dan D1 untuk dikombinasikan dalam perubahan 2 *variable* dan 3 *variable*. A1 dipilih karena nilai availabilitas dan persentase penurunan jumlah gula yang luber tidak jauh berbeda dari A2 sedangkan total *cost* yang dihasilkan jauh lebih rendah dari A2. Sedangkan B2 dipilih karena nilai availabilitas sistem mesin conti C dan persentase penurunan gula luber lebih tinggi dari B1 dan B3, sedangkan total *cost* berada di antara B1 dan B3. Untuk C2 dipilih karena nilai availabilitas sistem mesin conti C dan persentase penurunan jumlah gula luber lebih tinggi dari C1, sedangkan total *cost*nya lebih tinggi sedikit dari C1. Dan untuk D1 dipilih karena nilai availabilitas sistem mesin conti C dan persentase penurunan jumlah gula sama dengan D2, sedangkan untuk total *cost* hanya setengahnya D2.

Dari perbandingan performansi kesembilan skenario individual tersebut diambil S1.1–S1.5 untuk dipilih sebagai usulan perbaikan dari 1 perubahan *variable* saja, karena nilai availabilitas sistem mesin conti menunjukkan hasil yang signifikan. Setelah itu dibandingkan performansi lain, yakni persentase penurunan jumlah gula luber dan total *cost* dengan bantuan Gambar 6.1. Dari kelima skenario tersebut S1.4 dipilih sebagai skenario usulan perbaikan karena nilai availabilitas dan persentase penurunan yang paling tinggi, yakni 89.9% dan 79%, sedangkan total *cost* yang dihasilkan selisihnya sebesar Rp 35,850,000.00 dari skenario dengan total *cost* yang paling rendah, yakni S1.1.

6.4.2 Skenario Perbaikan Perubahan 2 *Variable*

Dari hasil analisis perbandingan skenario perubahan 1 *variable* didapatkan skenario S1 atau A1, S4 atau B2, S7 atau C2 dan S8 atau D1 untuk mewakili masing-masing perubahan kebijakan dasar. Keempat skenario tersebut kemudian dikombinasikan secara berpasangan dua-dua dan menghasilkan 5 skenario perbaikan perubahan 2 *variable*. Skenario A1 dan B2 tidak bisa dikombinasikan bersama karena perubahan kebijakan dasar kedua skenario tersebut adalah sama, yakni perubahan pada kebijakan inventori saringan C. Berikut adalah hasil performansi skenario-skenario perbaikan perubahan 2 *variable*.

Tabel 6.42 Rekap Hasil Performansi Skenario Perbaikan Perubahan 2 *Variable*

Skenario	Kode	Availabilitas	Luber	Total Cost	Keterangan
S2.1	A1C2	0.917	0.85	Rp 307,700,000.00	Signifikan
S2.2	A1D1	0.860	0.68	Rp 239,718,770.88	Signifikan
S2.3	B2C2	0.902	0.74	Rp 307,700,000.00	Signifikan
S2.4	B2D1	0.860	0.71	Rp 228,190,000.00	Signifikan
S2.5	D1C2	0.744	0.33	Rp 103,438,770.88	Tidak Signifikan

Pada Tabel 6.42 ditampilkan hasil performansi skenario perbaikan dengan merubah 2 *variable control*. Dari data tersebut diambil 4 skenario, yakni S2.1-S2.4 karena memiliki peningkatan availabilitas yang signifikan. Selanjutnya dilakukan perbandingan antara 4 skenario tersebut terkait performansi sistem yang meliputi availabilitas mesin conti C, persentase penurunan jumlah gula luber dan total *cost* yang dihasilkan dari penerapan skenario. Untuk memudahkan perbandingan skenario tersebut, ditampilkan grafik perbandingan performansi berikut.

Gambar 6.2 Grafik Perbandingan Skenario Perubahan 2 *Variable*

Dari Gambar 6.2 dapat dilihat bahwa S2.1 memiliki nilai availabilitas yang paling tinggi dengan persentase penurunan gula luber yang juga tinggi. Sedangkan untuk total *cost* selisih Rp 204,261,229.12 dari S2.5 yang memiliki total *cost* terendah. Namun S2.1 tetap dipilih dengan pertimbangan persentase penurunan

jumlah gula C luber yang paling tinggi, karena jika dinilai menjadi biaya akan menjadi surplus bagi total *cost* yang dihasilkan dari penerapan S2.1.

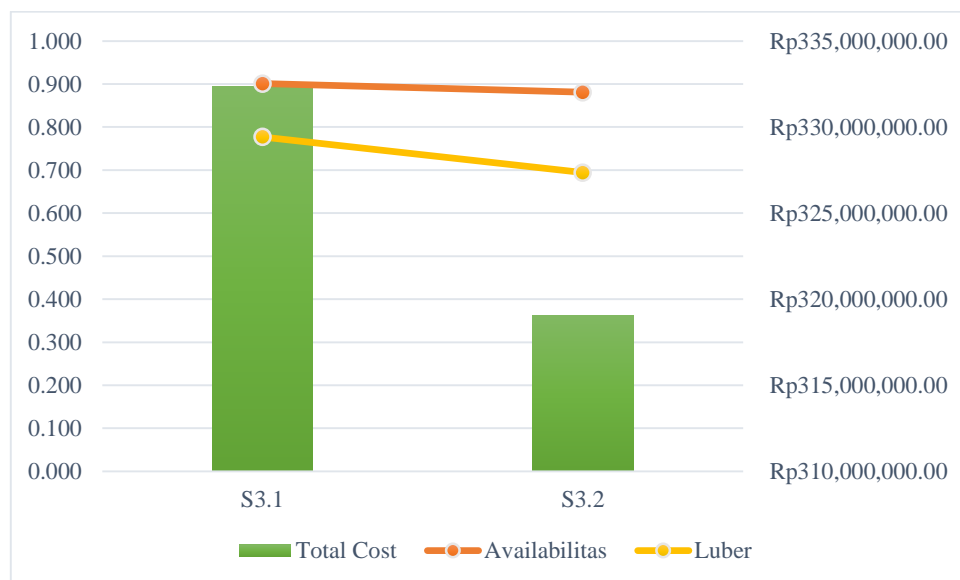
6.4.3 Skenario Perbaikan Perubahan 3 *Variable*

Pada perubahan 3 *variable control* merupakan kombinasi 3 *variable* yang berbeda kebijakan dasarnya, yakni antara A1D1C2 dan B2D1C2. Berikut adalah hasil performansi sistem dari 2 skenario perubahan 3 *variable*.

Tabel 6.43 Rekap Hasil Performansi Skenario Perbaikan Perubahan 3 *Variable*

Skenario	Kode	Availabilitas	Luber	Total Cost	Keterangan
S3.1	A1D1C2	0.901	0.78	Rp 332,328,770.88	Signifikan
S3.2	B2D1C2	0.881	0.69	Rp 319,078,770.88	Signifikan

Kedua skenario perbaikan perubahan 3 *variable* memiliki peningkatan availabilitas sistem mesin conti yang signifikan, sehingga kedua skenario tersebut dibandingkan performansi lain dari segi persentase penurunan jumlah gula luber dan total *cost* yang dihasilkan. Berikut adalah grafik perbandingan performansi kedua skenario tersebut.



Gambar 6.3 Grafik Perbandingan Performansi Perubahan 3 *Variable*

Dari grafik tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa S3.1 dipilih untuk dijadikan usulan skenario perbaikan karena memiliki tingkat availabilitas dan persentase penurunan jumlah gula luber lebih tinggi dari S3.2, sedangkan total *cost*

yang dihasilkan hanya selisih Rp 13,250,000.00. Nilai *cost* bisa *discover* dari selisih persentase penurunan jumlah gula luber yang lebih tinggi 0.9% dari S3.2.

6.5 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas bertujuan untuk mengetahui seberapa sensitif sebuah sistem terhadap perubahan yang tidak dapat dikendalikan. Pada penelitian ini, skenario yang terpilih sebagai usulan perbaikan dilakukan uji sensitivitas dengan menaikkan *delay* waktu pengiriman *sparepart*. Skenario yang dipilih untuk diuji sensitivitasnya dari 3 skenario usulan perbaikan adalah S1.4.

Waktu pengiriman saringan dan v-belt dinaikkan sebesar 25% dan 50% dari waktu awal pengiriman yang berdistribusi Triangular (336, 720, 1440). Berikut adalah hasil performansi S1.4 dari perubahan-perubahan waktu kedatangan *sparepart* untuk *sparepart* saringan C dan v-belt.

Tabel 6.44 Hasil Uji Sensitivitas S1.4 dengan Perubahan *Delay* Pengiriman

Perubahan	Waktu Pengiriman	Availabilitas Conti C
Awal	(336, 720, 1440)	0.899
25%	(420, 900, 1800)	0.752
50%	(504, 1080, 2160)	0.663

Pada Tabel 6.44 dapat dilihat bahwa semakin tinggi waktu *delay* pengiriman akan membuat nilai availabilitas sistem mesin conti C semakin turun. Ketika *delay* pengiriman meningkat sebesar 25%, performansi sistem mesin conti C masih lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi awal. Namun ketika *delay* meningkat menjadi 50%, nilai availabilitas sistem mesin conti C turun sampai 66.3%, menjadi lebih rendah 2.7% dari kondisi eksisting, yakni sebesar 69%.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa skenario 1.4 sensitif terhadap peningkatan *delay* pengiriman. Skenario 1.4 tidak dapat diterapkan pada kondisi awal apabila *delay* pengiriman meningkat lebih dari 50%.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan kesimpulan dari penelitian ini, sekaligus saran yang didapatkan dari hasil penelitian untuk sistem eksisting stasiun puteran di PG Kebon Agung.

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini telah dibuat model yang merepresentasikan sistem eksisting di stasiun puteran. Model tersebut telah divalidasi dengan membandingkan hasil *output* jumlah *molasses* yang dihasilkan dengan jumlah *molasses* yang dihasilkan dari model dengan replikasi sejumlah 5 kali. Hasil sistem eksisting menghasilkan 7,762.66 Ton *molasses*, sedangkan model simulasi menghasilkan *molasses* rata-rata dari 5 replikasi sebesar 7,775.05 Ton. Dari hasil uji validasi menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan dengan didapatkan nilai *t Stat* 0.35 dengan tingkat error sebesar 0.05 dan df sebanyak 8. Nilai tersebut berada pada *t critical two tail* yang memiliki rentang nilai -0.735 sampai 0.735.
2. Hasil evaluasi performansi sistem eksisting didapatkan nilai availabilitas sistem mesin conti A sebesar 95%, sistem mesin conti C sebesar 69%, sistem mesin conti D1-D2 yang tersusun seri sebesar 83%. Sedangkan untuk sistem conti D1 sendiri sebesar 100% dan sistem conti D2 sebesar 83%. Untuk jumlah gula A yang luber tidak ada, untuk gula C sebesar 40,426.16 Ton, untuk gula D1 sebesar 358.96 Ton, untuk gula D2 sebesar 34,186.41 Ton dan kristal gula D1 yang tidak tersaring sebesar 18.52 Ton. Dilihat dari availabilitas mesin, sistem mesin conti C menjadi yang paling rendah dan mengakibatkan tingginya jumlah gula yang luber. Rendahnya availabilitas conti C dikarenakan rendahnya availabilitas *sparepart* saringan C dan *v-belt*, yakni sama-sama sebesar 64%. Selain itu, waktu tunggu rata-rata untuk

diperbaiki tim teknisi juga cukup lama, yakni untuk perbaikan saringan C waktu tunggu rata-rata selama 0.66 jam dan untuk perbaikan v-belt selama 2.48 jam.

3. Pengembangan skenario berdasarkan interval *maintenance* dan tingkat inventori telah dilakukan. Skenario perbaikan diterapkan pada sistem mesin conti yang memiliki availabilitas paling rendah, yakni sistem mesin conti C dengan nilai availabilitas 69%. Skenario perbaikan menghasilkan skenario mengubah jumlah tim teknisi yang khusus untuk menangani kerusakan mesin conti C dan skenario perbaikan mengubah kebijakan inventori saringan C dan v-belt yang memiliki availabilitas paling rendah. Penambahan jumlah tim teknisi khusus untuk mesin conti C terdapat 2 skenario, yakni penambahan 1 tim dan 2 tim. Untuk perubahan kebijakan inventori saringan C dari tingkat level 1, 4 diubah menjadi 2, 8 dan 4, 8. Selain itu juga dilakukan perubahan kebijakan menjadi s, Q, dengan nilai s sebesar 2, 4 dan 9, sedangkan untuk Q tetap sebesar 11 dari hasil perhitungan EOQ probabilistik. Untuk kebijakan inventori v-belt diubah menjadi 2, 25 dan 5, 25. Total skenario yang dieksperimen berjumlah 16 skenario, yang dibagi menjadi 3 sesuai dengan jumlah perubahan *variable*.
4. Analisis dari performansi skenario dilakukan untuk membandingkan dengan kondisi eksisting. Performansi sistem dilihat dari nilai availabilitas mesin conti C, jumlah gula C yang luber dan total *cost* yang dihasilkan dari penerapan skenario. Hasilnya untuk perubahan 1 *variable* saja didapatkan skenario 1.4 sebagai usulan, yakni mengubah kebijakan inventori saringan C dengan ROP sebesar 4 dan Q sebesar 11. Untuk perubahan 2 *variable* didapatkan skenario 2.1, yakni merubah kebijakan inventori saringan C dengan ROP 2 dan maksimum stok 8 dan kebijakan inventori v-belt dengan ROP 5 dan maksimum stok 25. Untuk perubahan 3 *variable* didapatkan skenario 3.1 dengan merubah inventori saringan C dengan ROP 2 dan maksimum 8, merubah inventori v-belt dengan ROP 5 dan maksimum stok 25, serta menambah 1 tim teknisi yang khusus menangani kerusakan mesin conti C. Nilai availabilitas masing-masing skenario usulan tersebut adalah 89.9%, 91.7% dan 90.1%.

7.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini:

1. Penelitian selanjutnya pada komponen biaya mempertimbangkan akibat dari inflasi, agar perhitungan estimasi total *cost* lebih komprehensif.
2. Melakukan penelitian lebih luas terkait sistem PG Kebon Agung agar dapat meningkatkan availabilitas sistem secara keseluruhan di setiap stasiun produksi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, J. R. T., Chapman, S. N., & Clive, L. M. (2008). *Introduction to materials management*. (V. R. Anthony, Ed.) (6 ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall. <https://doi.org/10.3324/haematol.2013.090399>
- Bouslah, B., Gharbi, A., & Pellerin, R. (2018). Joint production, quality and maintenance control of a two-machine line subject to operation-dependent and quality-dependent failures. *International Journal of Production Economics*, 195(March 2017), 210–226. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.016>
- BPS. (2016). *Statistik Tebu Indonesia 2016*.
- Dhillon, B. S. (2006). *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. New York: CRC Press.
- Ditjen Perkebunan. (2016). Tebu 2015-2017, (Desember 2015). Diambil dari ditjenbun.pertanian.go.id/tinymcpuk/gambar/file/statistik/2017/Tebu-2015-2017.pdf
- Elsayed, E. A. (2012). *Reliability Engineering* (2 ed.). New Jersey: Wiley.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Zupick, N. B. (2015). *Simulation With Arena* (6 ed.). New York: McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1006/mgme.2001.3260>
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (2007). *Simulation Modeling and Analysis* (Vol. 3). New York: McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1145/1667072.1667074>
- Perindustrian, K. (2017). Jumlah Pabrik Gula Harus Dikurangi. *kemenperin.go.id*.
- Prakoso, Y. S., & Soepangkat, B. O. P. (2012). Penentuan Interval Waktu Perawatan Pencegahan Peralatan Centrifuge Pada Proses Pembuatan Sabun Mandi Batang Dengan Menggunakan Simulasi Monte Carlo, 1–8.
- Puspitasari, N. B., & Prihapsari, A. P. (2017). Perbandingan Kebijakan Preventive Maintenance Dengan Corrective Maintenance Pada Mesin Manugraph PT. Masscom Graphy. *Seminar Nasional IENACO*, 847–855.
- Revitasari, C., Novareza, O., & Darmawan, Z. (2015). Penentuan Jadwal Preventive Maintenance Mesin-Mesin di Stasiun Gilingan (Studi Kasus PG . Lestari Kertosono). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri Teknik Industri Universitas Brawijaya*, 3(3), 485–494.
- Robinson, S. (2014). *Simulation: The Practice of Model Development and Use*.

Oxford: Palgrave Macmillan.

- Salsabila, N. Y. (2018). *Analisis Availabilitas dengan Mempertimbangkan Inventory Sparepart dan Penyangga Menggunakan Pendekatan Simulasi (Studi Kasus: PT Petrowidada)*. ITS Surabaya.
- Schmidt, J. W., & Taylor, R. E. (1970). *Simulation and Analysis of Industrial System*. Richard D. Irwin.
- Siswanto, N., Latiffianti, E., & Wiranto, S. E. (2017). *Simulasi Sistem Diskrit (Implementasi dengan Software Arena)* (1 ed.). Surabaya: ITS Tekno Sains.

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel Historis Kedatangan Gula

Kedatangan Ke	C	D	A	Kedatangan Ke	C	D	A
1	142	142	177	246	283	283	1837
2	142	142	230	247	283	283	1837
3	142	142	354	248	283	283	1837
4	142	142	354	249	283	283	1837
5	142	142	371	250	283	283	1837
6	142	142	424	251	283	283	1837
7	142	142	424	252	283	283	1837
8	142	142	424	253	283	283	1837
9	142	142	424	254	283	283	1837
10	142	142	460	255	283	283	1837
11	142	142	477	256	283	283	1837
12	142	142	495	257	283	283	1837
13	142	142	495	258	283	283	1854
14	142	142	495	259	283	283	1854
15	142	142	495	260	283	283	1854
16	142	142	548	261	283	283	1854
17	142	142	566	262	283	283	1854
18	142	142	566	263	283	283	1854
19	142	142	566	264	283	283	1872
20	142	142	601	265	283	283	1872
21	142	142	618	266	283	283	1872
22	142	142	636	267	283	283	1872
23	142	142	707	268	283	283	1872
24	142	142	707	269	283	283	1872
25	142	142	707	270	283	283	1872
26	142	142	777	271	283	283	1872
27	142	142	777	272	283	283	1872
28	142	142	795	273	283	283	1890
29	142	142	848	274	283	283	1890
30	142	142	883	275	283	283	1890
31	142	142	883	276	283	283	1890
32	142	142	901	277	283	283	1907
33	142	142	919	278	283	283	1907
34	142	142	919	279	283	283	1907
35	142	142	919	280	283	283	1907
36	142	142	919	281	283	283	1907
37	142	142	936	282	283	283	1907
38	142	142	936	283	283	283	1907

Kedatangan Ke	C	D	A	Kedatangan Ke	C	D	A
39	142	142	972	284	283	283	1907
40	142	142	989	285	283	283	1907
41	142	142	989	286	283	283	1907
42	142	142	989	287	283	283	1907
43	142	142	1025	288	283	283	1907
44	142	142	1025	289	283	283	1907
45	142	142	1042	290	283	283	1907
46	142	142	1060	291	283	283	1907
47	142	142	1060	292	283	283	1907
48	142	142	1060	293	283	283	1907
49	142	142	1060	294	283	283	1907
50	142	142	1113	295	283	283	1907
51	142	142	1131	296	283	283	1907
52	142	142	1131	297	283	283	1907
53	142	142	1131	298	283	283	1907
54	142	142	1131	299	283	283	1907
55	142	142	1131	300	283	283	1907
56	142	142	1131	301	283	283	1907
57	142	142	1131	302	283	283	1907
58	142	142	1131	303	283	283	1907
59	142	142	1148	304	283	283	1907
60	142	142	1166	305	283	283	1907
61	142	142	1166	306	283	283	1907
62	142	142	1184	307	283	283	1907
63	142	142	1184	308	283	283	1907
64	142	142	1201	309	283	283	1907
65	142	142	1201	310	283	283	1907
66	142	142	1219	311	283	283	1907
67	142	142	1236	312	283	283	1907
68	142	142	1272	313	283	283	1911
69	142	142	1272	314	283	283	1925
70	142	142	1272	315	283	283	1925
71	142	142	1272	316	283	283	1925
72	142	142	1272	317	283	283	1925
73	142	142	1272	318	283	283	1925
74	142	142	1272	319	283	283	1925
75	142	142	1272	320	283	283	1925
76	142	142	1272	321	283	283	1925
77	142	142	1289	322	283	283	1925
78	142	142	1307	323	283	283	1925
79	142	142	1342	324	283	283	1925

Kedatangan Ke	C	D	A	Kedatangan Ke	C	D	A
80	142	142	1342	325	283	283	1943
81	142	142	1342	326	283	283	1943
82	142	142	1360	327	283	283	1943
83	142	142	1360	328	283	283	1943
84	142	142	1360	329	283	283	1943
85	142	142	1378	330	283	283	1943
86	142	283	1378	331	283	283	1943
87	142	283	1395	332	283	283	1943
88	142	283	1413	333	283	283	1943
89	142	283	1413	334	283	283	1978
90	142	283	1413	335	283	283	1978
91	142	283	1413	336	283	283	1978
92	142	283	1413	337	283	283	1978
93	142	283	1413	338	283	283	1978
94	142	283	1413	339	283	283	1978
95	142	283	1413	340	283	283	1978
96	142	283	1413	341	283	283	1978
97	142	283	1413	342	283	283	1978
98	142	283	1413	343	283	283	1978
99	142	283	1413	344	283	283	1978
100	142	283	1413	345	283	283	1978
101	142	283	1413	346	283	283	1978
102	142	283	1448	347	283	283	1978
103	142	283	1448	348	283	283	1978
104	142	283	1466	349	283	283	1996
105	142	283	1484	350	283	283	1996
106	142	283	1484	351	283	283	2013
107	142	283	1484	352	283	283	2013
108	142	283	1484	353	283	283	2013
109	142	283	1484	354	283	283	2013
110	142	283	1484	355	283	283	2031
111	142	283	1484	356	283	283	2031
112	142	283	1484	357	283	283	2031
113	142	283	1484	358	283	283	2031
114	142	283	1519	359	283	283	2049
115	142	283	1519	360	283	283	2049
116	142	283	1519	361	283	283	2049
117	142	283	1519	362	283	283	2049
118	142	283	1519	363	283	283	2049
119	142	283	1519	364	283	283	2049
120	142	283	1537	365	283	283	2049

Kedatangan Ke	C	D	A	Kedatangan Ke	C	D	A
121	142	283	1554	366	283	283	2049
122	142	283	1554	367	283	283	2049
123	142	283	1554	368	283	283	2049
124	142	283	1554	369	283	283	2049
125	142	283	1554	370	283	283	2049
126	142	283	1554	371	283	283	2049
127	142	283	1554	372	283	283	2049
128	142	283	1554	373	283	283	2049
129	142	283	1572	374	283	283	2049
130	142	283	1590	375	283	424	2049
131	142	283	1590	376	283	424	2049
132	142	283	1590	377	283	424	2049
133	142	283	1590	378	283	424	2049
134	142	283	1590	379	283	424	2049
135	142	283	1590	380	283	424	2049
136	142	283	1590	381	283	424	2049
137	142	283	1590	382	283	424	2049
138	142	283	1590	383	283	424	2049
139	142	283	1607	384	283	424	2049
140	142	283	1625	385	283	424	2066
141	142	283	1625	386	283	424	2066
142	142	283	1625	387	283	424	2066
143	142	283	1625	388	283	424	2066
144	142	283	1625	389	283	424	2066
145	142	283	1625	390	283	424	2066
146	142	283	1625	391	283	424	2066
147	142	283	1625	392	283	424	2066
148	142	283	1625	393	283	424	2066
149	142	283	1625	394	283	424	2084
150	142	283	1625	395	283	424	2102
151	142	283	1625	396	283	424	2102
152	142	283	1625	397	283	424	2119
153	142	283	1625	398	283	424	2119
154	142	283	1625	399	283	424	2119
155	142	283	1625	400	283	424	2119
156	142	283	1625	401	283	424	2119
157	142	283	1625	402	283	424	2119
158	142	283	1625	403	283	424	2119
159	142	283	1625	404	283	424	2119
160	142	283	1625	405	283	424	2119
161	142	283	1643	406	283	424	2137

Kedatangan Ke	C	D	A	Kedatangan Ke	C	D	A
162	142	283	1643	407	283	424	2137
163	142	283	1643	408	283	424	2137
164	142	283	1643	409	283	424	2137
165	142	283	1643	410	424	424	2155
166	142	283	1660	411	424	424	2155
167	142	283	1660	412	424	424	2155
168	142	283	1660	413	424	424	2155
169	142	283	1660	414	424	424	2155
170	142	283	1660	415	424	424	2155
171	142	283	1678	416	424	424	2155
172	142	283	1678	417	424	424	2172
173	142	283	1696	418	424	424	2172
174	142	283	1696	419	424	424	2172
175	142	283	1696	420	424	424	2172
176	142	283	1696	421	424	424	2190
177	142	283	1696	422	424	424	2190
178	142	283	1696	423	424	424	2190
179	142	283	1696	424	424	424	2190
180	142	283	1696	425	424	424	2190
181	142	283	1696	426	424	424	2190
182	142	283	1696	427	424	424	2190
183	142	283	1696	428	424	424	2208
184	142	283	1696	429	424	424	2208
185	142	283	1699	430	424	424	2208
186	142	283	1713	431	424	424	2208
187	142	283	1713	432	424	424	2225
188	142	283	1713	433	424	424	2225
189	142	283	1713	434	424	424	2243
190	142	283	1731	435	424	424	2243
191	142	283	1731	436	424	424	2243
192	142	283	1731	437	424	424	2243
193	142	283	1749	438	424	424	2243
194	142	283	1749	439	424	424	2261
195	142	283	1749	440	424	424	2261
196	142	283	1749	441	424	424	2261
197	142	283	1749	442	424	424	2261
198	142	283	1766	443	424	424	2261
199	142	283	1766	444	424	424	2261
200	142	283	1766	445	424	424	2261
201	142	283	1766	446	424	424	2261
202	142	283	1766	447	424	424	2261

Kedatangan Ke	C	D	A	Kedatangan Ke	C	D	A
203	142	283	1766	448	424	424	2261
204	142	283	1766	449	424	424	2278
205	283	283	1766	450	424	424	2296
206	283	283	1766	451	424	424	2296
207	283	283	1766	452	424	424	2296
208	283	283	1766	453	424	424	2349
209	283	283	1766	454	424	424	2349
210	283	283	1766	455	424	424	2384
211	283	283	1766	456	424	424	2402
212	283	283	1766	457	424	424	2402
213	283	283	1766	458	566	424	2402
214	283	283	1766	459	566	424	2402
215	283	283	1766	460	566	424	2402
216	283	283	1766	461	566	424	2402
217	283	283	1766	462	566	424	2402
218	283	283	1766	463	566	424	2402
219	283	283	1766	464	566	424	2402
220	283	283	1766	465	566	424	2420
221	283	283	1766	466	566	424	2420
222	283	283	1766	467	566	424	2472
223	283	283	1766	468	566	424	2472
224	283	283	1766	469	566	424	2472
225	283	283	1766	470	566	424	2472
226	283	283	1784	471	566	424	2472
227	283	283	1784	472	566	424	2490
228	283	283	1784	473	566	424	2508
229	283	283	1784	474	566	424	2543
230	283	283	1802	475	566	424	2543
231	283	283	1802	476	566	424	2543
232	283	283	1802	477	566	424	2543
233	283	283	1802	478	566	424	2543
234	283	283	1802	479	566	424	2543
235	283	283	1802	480	566	424	2561
236	283	283	1802	481	566	424	2578
237	283	283	1819	482	707	566	2596
238	283	283	1819	483	707	566	2596
239	283	283	1819	484	707	566	2596
240	283	283	1819	485	707	566	2667
241	283	283	1819	486	848	566	2684
242	283	283	1837	487	848	566	2702
243	283	283	1837	488	848	566	2755

Kedatangan Ke	C	D	A	Kedatangan Ke	C	D	A
244	283	283	1837	489	848	566	2790
245	283	283	1837				

Tabel Historis Kerusakan Saringan Mesin Conti

	Saringan								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D1	3032	3064	3000	1096	2248	1544	352	1224	984
	664	600	736	952	672	712	1592	232	1728
				736		480	200	216	440
				240		136	784	840	336
				344		136	536		
						456			
D2	10	11	12	13	14				
	736	704	424	1408	1440				
	224	904	544	2240	1056				
	472	792	208		400				
	168	512	184		584				
	456	144	520						
	488	520	160						
	192		168						
	256		264						
	608		544						
C	15	16	17	18					
	944	608	736	1248					
	256	752	384	200					
	288	152	240	432					
	648	352	1032	400					
	504	392	272	184					
	224	216	376	384					
		240	400	544					
				112					
A	19	20	21	22	23	24	25		
	1296	776	1168	3584	3480	3288	3232		
	344	216	1336	344	1432	1440	1440		
	472	440							
	304								

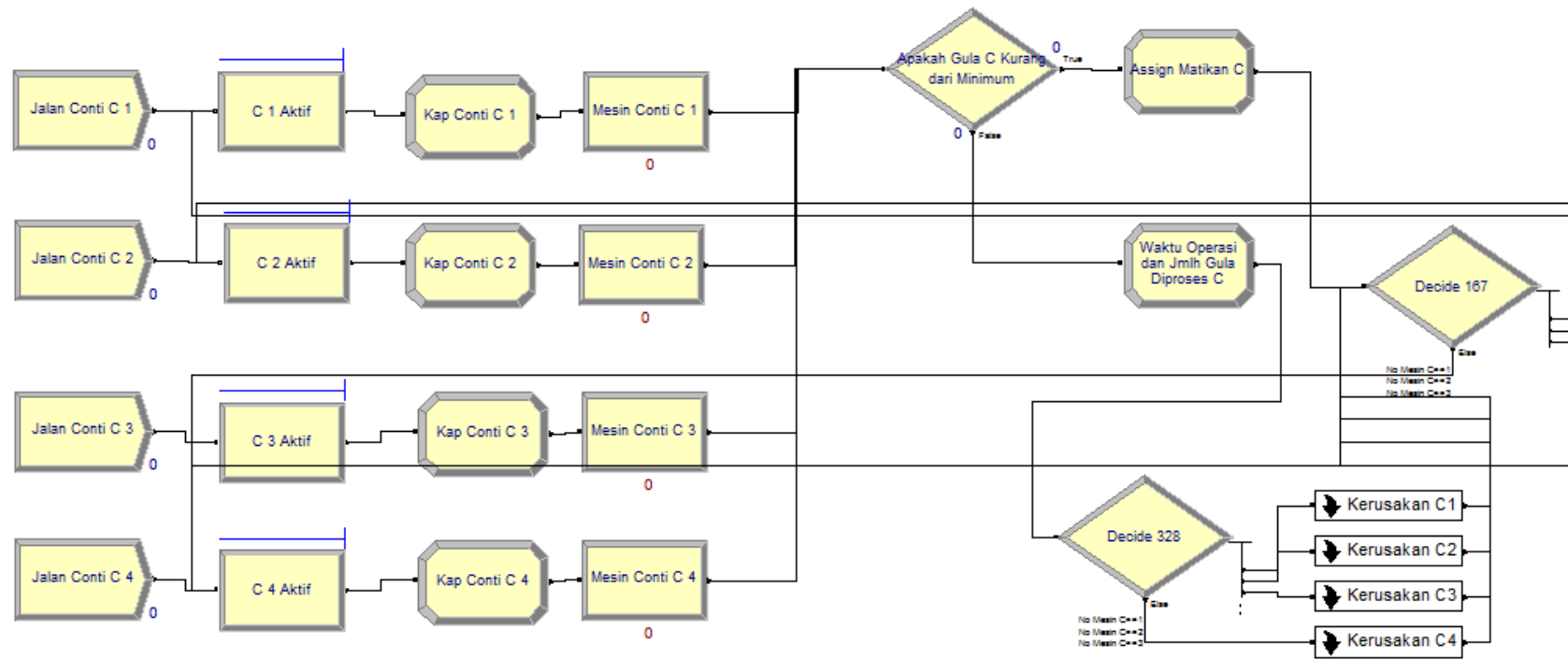
Tabel Historis Kerusakan V-Belt

	V Belt								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D1	1464	1488	1408	1480	2280	2792	352	920	928
	736	728	672	760	672	1016	1240	360	344
							352		
							896		
D2	10	11	12	13	14				
	1600	56	1928	1904	2520				
	352	1592	648	744	1088				
	592	1376	336	296					
	568	144	312	288					
	568								
C	15	16	17	18					
	648	240	680	184					
	360	368	184	424					
	1032		1576	320					
	752		232	632					
			352	1368					
			72	120					
			288	128					
A	19	20	21	22	23	24	25		
	1024	1136	1272	1288	1424	1472	1168		
	2664	344	736	760	2400	592	2416		

Tabel Historis Kerusakan Bearing dan As

	Bearing								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D1	3024	3064	2984	3024	2280	3048	2752	2368	2872
	672	600	592	584	672	656	712	776	776
D2	10	11	12	13	14				
	3192	3184	2960	3056	3032				
	4800	4800	4800	4800	4800				
C	15	16	17	18					
	1040	2440	2568	608					
	1216	632	544	2920					
	As								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D1	2112	2144	2064	2120	2064	2136	1944	1728	2024
	912	1520	1672	1672	880	1664	1520	1520	1720
	6272								
C	15	16	17	18					
	1008	896	920	928					
	2056	2136	2624	2600					

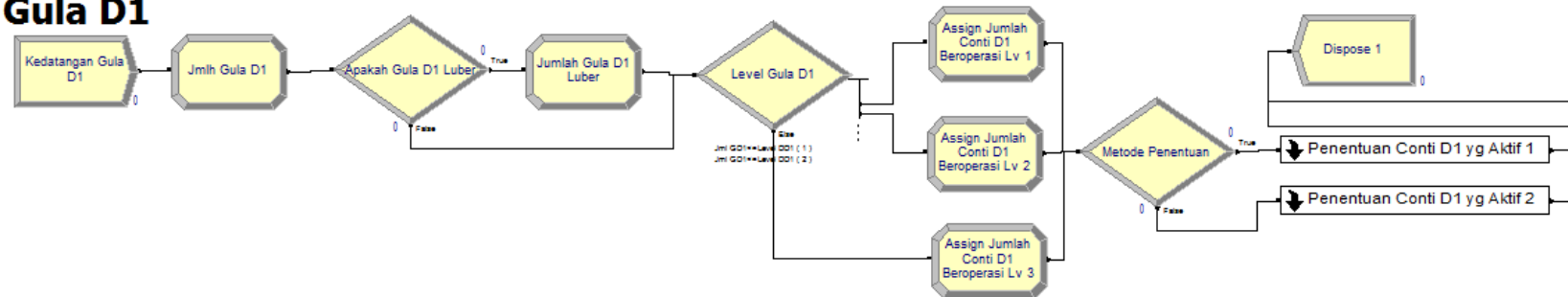
Gambar Model ARENA Sistem Produksi



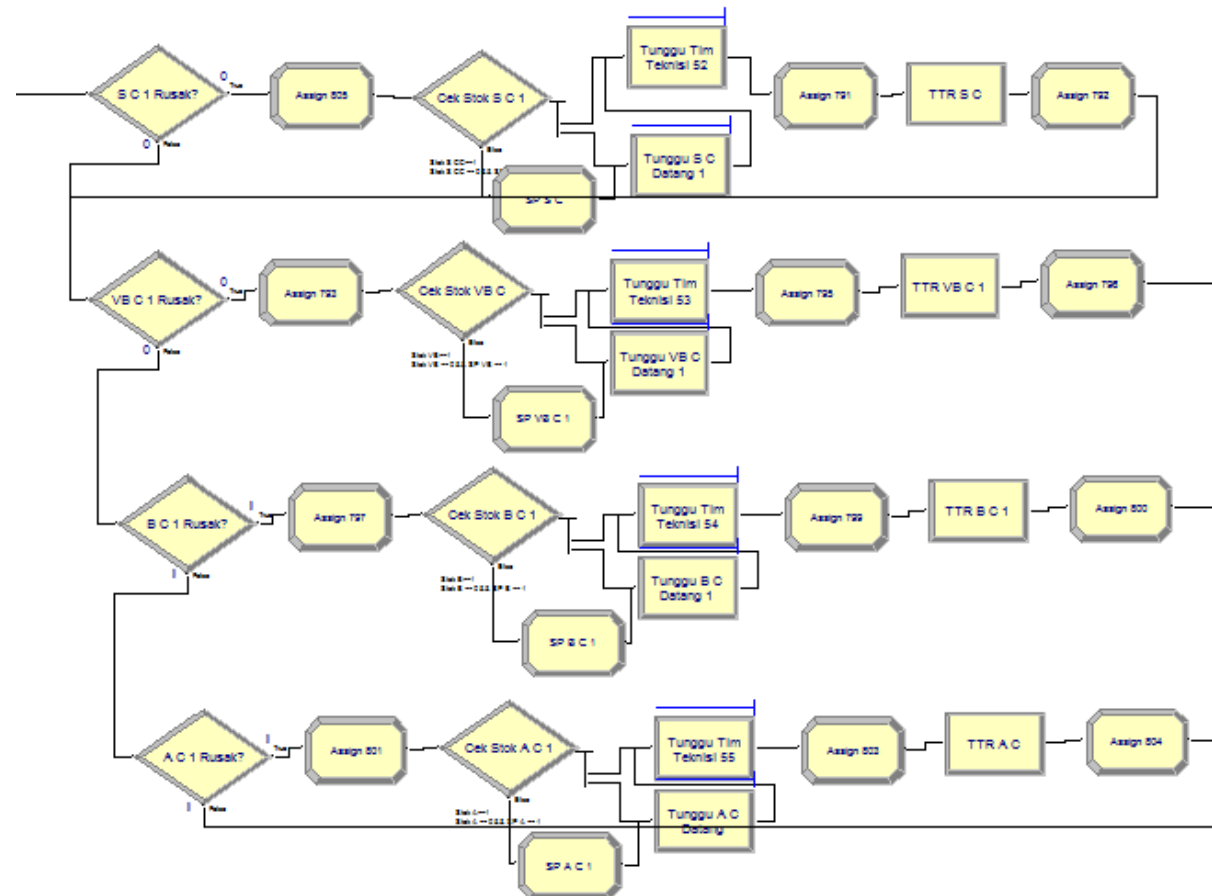
Gambar Model ARENA Kedatangan Gula

Kedatangan Gula dan Penentuan Jumlah Mesin

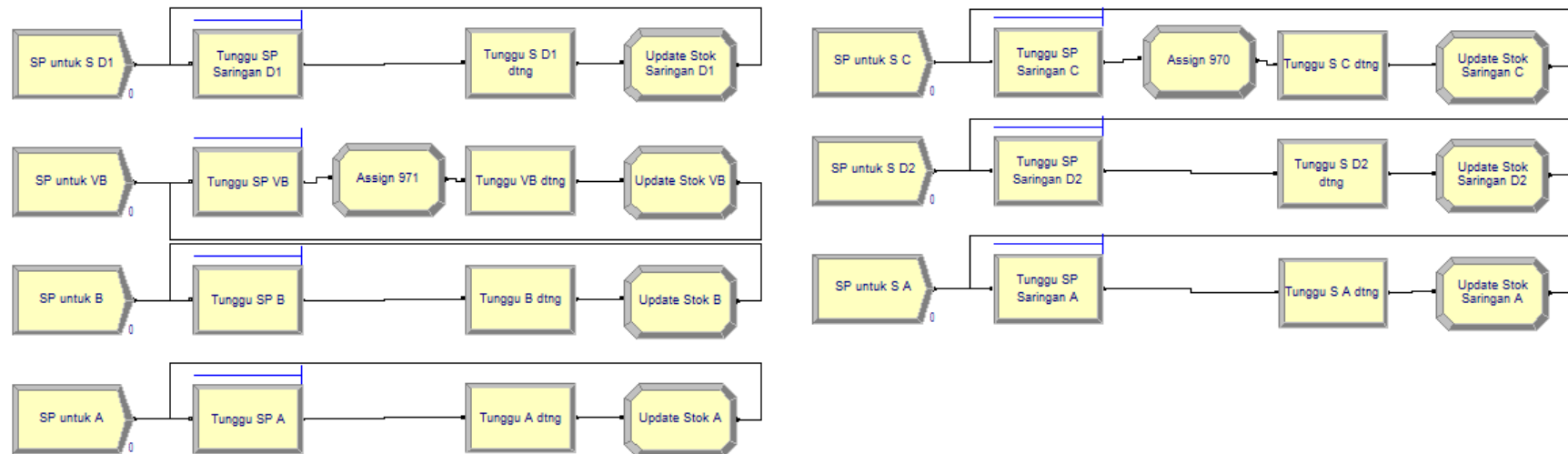
Gula D1



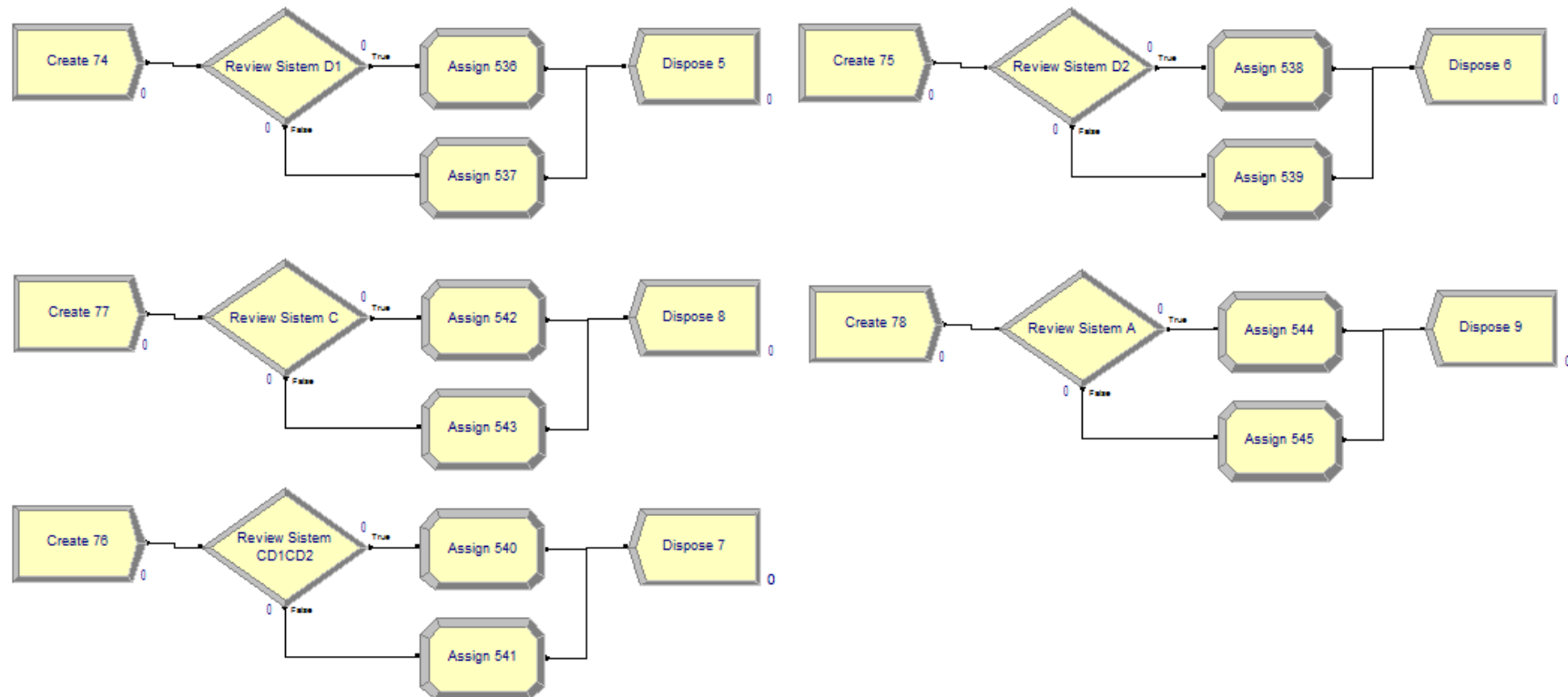
Gambar Model ARENA Perbaikan Kerusakan



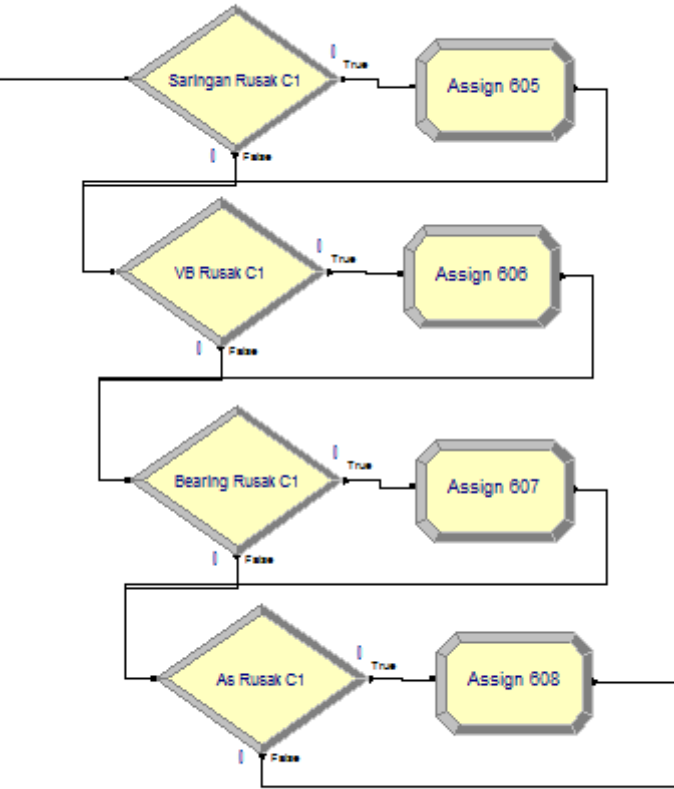
Gambar Model ARENA Pemesanan *Sparepart*



Gambar Model ARENA Review Sistem Conti



Gambar Model ARENA Kerusakan (Submodel Kerusakan C1)



Perhitungan EOQ Probabilistik Saringan C

Diketahui:

<i>Demand</i> saringan C (D)	= distribusi normal, <i>mean</i> = 4.4 unit/bulan, stdev = 1.14 unit (total <i>demand</i> satu musim giling 22 unit)
<i>Lead time</i> (LT)	= distribusi normal, <i>mean</i> = 1.2 bulan, stdev = 0.34 bulan
<i>Reorder cost</i> (RC)	= Rp 780,000.00 / pesan
<i>Holding cost</i> (HC)	= Rp 50,000.00 / unit / bulan
Harga saringan C (UC)	= Rp 7,000,000.00 / unit
<i>Service level</i>	= 95%, Z = 1.64

Perhitungan:

$$\text{Demand selama LT} = LT \cdot D = 1.2 \times 4.4 = 5.27$$

$$\sigma_{LTD} = \sqrt{(LT \cdot \sigma_D^2) + (D^2 \cdot \sigma_{LT}^2)} \quad (2.1)$$

$$\sigma_{LTD} = \sqrt{(1.2 \cdot 1.14^2) + (4.4^2 \cdot 0.34^2)} = \sqrt{(1.56) + (2.2)} = 1.94 \approx 2$$

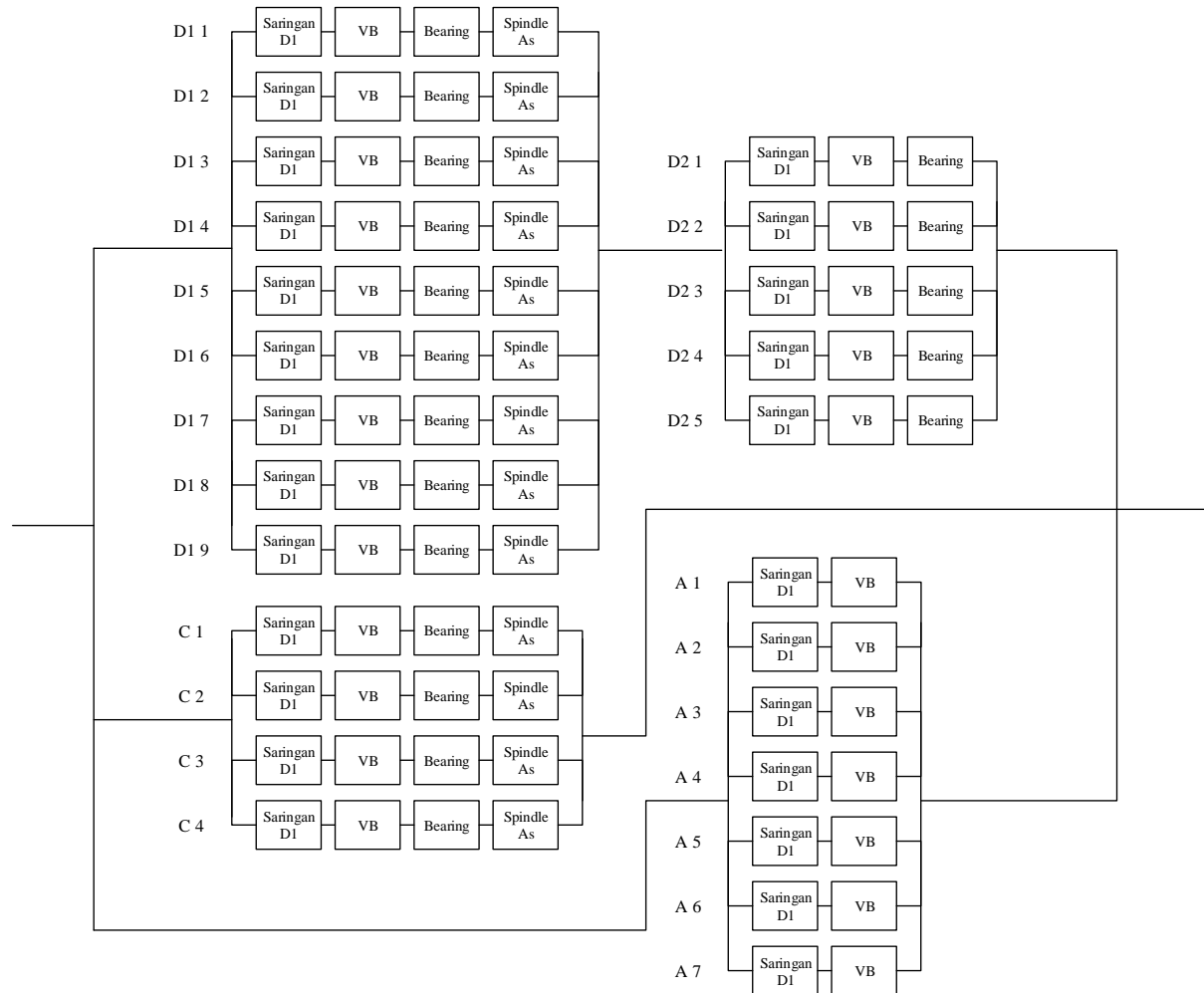
$$ROP = LT \cdot D + (Z \cdot \sigma \text{ selama LT}) \quad (2.2)$$

$$ROP = LT \cdot D + SS = 1.2 \cdot 4.4 + (1.64 \cdot 2) = 8.55 \approx 9$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot RC \cdot D}{HC}} \quad (2.3)$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot 780,000 \cdot 22}{50,000}} = \sqrt{114.4} = 10.7 \approx 11$$

RBD Sistem Stasiun Puteran



BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Batu-Malang, pada tanggal 17 Maret 1996 dengan nama lengkap Ahmad Athoillah. Penulis memulai masa sekolah dari RA 07 Al-Hasanah Batu, kemudian melanjutkan di SDN Sidomulyo 03 Batu. Setelah itu dilanjutkan dengan mengenyam pendidikan di SMP Raden Fatah Batu. Penulis sempat bersekolah di MA An-Nur Bululawang-Malang selama satu tahun, sebelum pindah di MA Nurul Ulum Malang sampai menamatkannya pada tahun 2014. Kemudian penulis mendapatkan kesempatan untuk melanjutkan studi S1 di Teknik Industri ITS.

Selama masa perkuliahan, penulis pernah menjadi Staf LDJ MSI Ulul Ilmi dan menjadi *volunteer* dalam kegiatan Departemen Sosmas HMTI. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi ekstra kampus CSSMoRA ITS sebagai staf dan pengurus inti.

Penulis menekuni bidang keahlian evaluasi kuantitatif sebagai alternatif keputusan dengan simulasi dan perancangan sistem kerja yang ergonomis. Penulis dapat dihubungi lebih lanjut melalui e-mail: ahmadathoillah17@gmail.com